



**Pedro Miguel Ferreira Simulação Didática em Lean Thinking
Oliveira**



Pedro Miguel Ferreira Simulação Didática em Lean Thinking
Oliveira

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família pelo incansável apoio ao longo destes anos.

o júri

presidente

Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Professor Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
professor associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao Professor José António de Vasconcelos Ferreira, orientador do projeto, por toda a ajuda, pelo tempo dispensado e por toda a colaboração na elaboração deste trabalho.

A todos os colaboradores da VLM Consultores, pelo carinho e apoio ao longo desta experiência profissional, em especial ao Eng.º Nuno Troia e à Engª Susana Pinto, pela partilha de conhecimentos e disponibilização de elementos essenciais à realização deste projeto.

À minha família, por todos os conselhos e pela presença nos momentos importantes.

À minha namorada, por ser o meu apoio nos bons e nos maus momentos e por acreditar sempre em mim.

Aos meus amigos, pela ajuda e motivação ao longo deste percurso.

palavras-chave

Lean Thinking; Simulação; Formação; Sistema *Pull*; VSM; 5S

resumo

Atualmente, o ambiente competitivo empresarial exige das organizações um esforço cada vez maior pela sobrevivência do negócio. As empresas procuram reduzir custos, aumentar as margens de lucro e diferenciar a sua oferta da concorrência.

A filosofia *Lean Thinking* vai de encontro a estas necessidades, providenciando metodologias para a obtenção desses objetivos. Apesar da simplicidade dos princípios *Lean*, a sua implementação numa determinada organização nem sempre é fácil. É neste sentido que a formação na área do *Lean Thinking* assume uma elevada importância para a evolução das organizações, dotando os seus colaboradores de conhecimentos indispensáveis para atingir os padrões de produção desejados.

Este projeto pretende desenvolver situações simuladas para demonstração das metodologias *Lean*, em sala de aula e em ambiente industrial. O objetivo destas simulações é a disseminação da filosofia *Lean Thinking* e a demonstração prática das suas metodologias e ferramentas, como por exemplo o sistema *Pull*, o mapeamento do fluxo de valor (VSM) e os 5S. Neste trabalho foram desenvolvidas duas simulações para sala, a linha de refrigerantes e a montagem de legos, e uma simulação para ambiente fabril.

keywords

Lean Thinking; Simulation; Training; Pull System; VSM; 5S

abstract

Nowadays, the competitive business environment demands an increasingly effort from organizations for business survival. Companies seek to reduce costs, increase profit margins and differentiate their offering from the competition.

Lean Thinking philosophy meets these needs by providing methodologies to obtain these goals. Despite the simplicity of Lean principles, its implementation in a particular organization is not always easy. This is why training in the field of Lean Thinking assumes a great importance for the evolution of organizations by providing their employees essential knowledge to achieve the desired production standards.

This project aims to develop simulated situations to demonstrate the Lean methodologies, in the classroom and in industrial environments. The purpose of these simulations is the spread of Lean Thinking philosophy and practical demonstration of its methodologies and tools, such as Pull System, Value Stream Mapping (VSM) and 5S.

In this work were developed two simulations for classroom, the soft drink line and assembling Lego's, and a simulation for production environment.

Índice de Conteúdos

Acrónimos.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização do projeto	1
1.2 Relevância do desafio	2
1.3 Metodologia do trabalho	3
1.4 Estrutura do documento.....	4
2. SIMULAÇÃO DIDÁTICA DE UMA PRODUÇÃO <i>LEAN</i>	5
2.1 <i>Lean Thinking</i>	5
2.1.1 O <i>Pull</i> , o JIT e o <i>Lean</i> na produção	5
2.1.2 Ferramentas <i>Lean</i>	6
2.2 Jogos de simulação na formação em <i>Lean</i>	14
2.2.1 Vantagens da simulação	14
2.2.2 Tipos de simulação didática.....	14
3. A FORMAÇÃO <i>LEAN THINKING</i> NA VLM CONSULTORES.....	17
3.1 Apresentação da empresa.....	17
3.1.1 Informação geral.....	17
3.1.2 A área de gestão de operações.....	18
3.2 Atividades de formação em <i>Lean Thinking</i>	19
3.2.1 Fábrica de fichas elétricas	19
3.2.2 Jogo dos números	22
3.2.3 Processamento de envelopes.....	24
3.3 O projeto.....	25
4. RESULTADOS	27
4.1 Análise e classificação das ferramentas <i>Lean</i>	27
4.2 Seleção das ferramentas para formação	28
4.3 Divisão entre simulação em sala e simulação em ambiente industrial	28
4.4 Simulação em sala	30
4.4.1 Linha de refrigerantes.....	30
4.4.2 Montagem de legos	34
4.5 Simulação em ambiente industrial	37
4.5.1 Primeira fase da simulação (1ª iteração).....	42

4.5.2	Segunda fase da simulação (2ª iteração)	44
4.5.3	Terceira fase da simulação (3ª iteração)	51
5.	CONCLUSÃO	57
5.1	Reflexão sobre o trabalho realizado	57
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

ANEXOS:

Anexo A	– Simbologia padrão para o VSM
Anexo B	– Folha para a 1ª iteração do jogo dos números
Anexo C	– Folha para a 2ª iteração do jogo dos números
Anexo D	– Folha para a 3ª iteração do jogo dos números
Anexo E	– Folha para a 4ª iteração do jogo dos números
Anexo F	– Lista de pedidos do cliente (Jogo dos refrigerantes)
Anexo G	– Ordens de fabrico (Jogo dos refrigerantes)
Anexo H	– Instruções de trabalho 2ª iteração (Jogo dos refrigerantes)
Anexo I	– Informação visual para <i>stock</i> intermédio (Jogo dos refrigerantes)
Anexo J	– Folhas de abastecimento para o posto 1 e 2 (Jogo dos refrigerantes)
Anexo K	– Tabuleiro para o mizusumashi (jogo dos refrigerantes)
Anexo L	– Folha de levantamento de dados para o VSM

Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de VSM	7
Figura 2 - Elementos de gestão visual	9
Figura 3 - Método para o trabalho normalizado.....	10
Figura 4 - <i>Poka yoke</i> de deteção e <i>poka-yoke</i> de prevenção.....	11
Figura 5 - Exemplo de um <i>heijunka box</i>	13
Figura 6 - Distribuição geográfica dos clientes da VLM Consultores.....	18
Figura 7 - Ficha inglesa	20
Figura 8 - <i>Layout</i> para a 1ª iteração do jogo das fichas elétricas	21
Figura 9 - <i>Layout</i> para a 2ª iteração do jogo das fichas elétricas	21
Figura 10 – Exemplo de um produto final da linha.	30
Figura 11 - <i>Layout</i> da linha para a 1ª iteração da simulação.....	31
Figura 12 - <i>Layout</i> da linha para a 2ª iteração da simulação.....	33
Figura 13 - Supermercado de produto acabado.....	34
Figura 14 – caixas de legos	35
Figura 15 - Instruções de trabalho visuais.....	36
Figura 16 - Caixa de arrumação	38
Figura 17 - Partes da caixa de arrumação (desenho em SolidWorks).....	38
Figura 18 - Porta-revistas	38
Figura 19 - Partes do porta-revistas (desenho em SolidWorks)	38
Figura 20 - <i>Layout</i> para a 1ª iteração da simulação industrial	42
Figura 21 - Gráfico da linha de produção de caixas de arrumação não-balanceada ...	45
Figura 22 - Gráfico da linha de produção de caixas de arrumação balanceada	46
Figura 23 - Gráfico da linha desbalanceada (porta-revistas)	47
Figura 24 - Gráfico da linha balanceada (porta-revistas).....	48
Figura 25 - <i>Layout</i> para produção de caixas de arrumação após balanceamento.....	48
Figura 26 - <i>Layout</i> para produção de porta-revistas após balanceamento.	49
Figura 27 - Suporte para FTN.....	49
Figura 28 – Planeamento da produção no <i>heijunka box</i>	52
Figura 29 - Exemplo de um <i>kanban</i> de produção.....	53
Figura 30 - Carrinho de transporte que pode ser adaptado como <i>mizusumashi</i>	54
Figura 31 - Circuito <i>Pull</i>	54

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Análise das ferramentas <i>Lean</i>	29
Tabela 2 – Operações para cada posto na 1ª iteração	31
Tabela 3 – Instruções de trabalho textuais.....	36
Tabela 4 – Processos produtivos referentes à caixa de arrumação.	39
Tabela 5 – Processos produtivos referentes ao porta-revistas.....	41

Acrónimos

AWT: *Available Working Time*

EGI: Engenharia e Gestão Industrial

ERP: *Enterprise Resource Planning*

FTN: Folha de Trabalho Normalizado

JIC: *Just-in-Case*

JIT: *Just-in-Time*

MP: Matéria-Prima

MRP: *Manufacturing Resource Planning*

PA: Produto Acabado

PME: Pequena e Média Empresa

RPF: *Rapid Product Flow*

SMED: Single Minute Exchange of Die

TPS: *Toyota Production System*

VSM: *Value Stream Mapping*

WIP: *Work In Progress*

1. INTRODUÇÃO

São vários os fatores que influenciam a necessidade de melhoria dos processos de uma empresa, começando desde logo pela pressão do mercado. A personalização dos produtos, as entregas rápidas e uma boa relação entre a qualidade e o preço dos produtos/serviços são algumas das exigências usuais nos consumidores. Estes fatores, associados a uma elevada concorrência, podem forçar as organizações a procurar novas formas de melhorar os seus processos, reduzir os custos e oferecer ao cliente um produto/serviço com qualidade superior à concorrência.

O *Lean Thinking* tem tentado dar resposta a estas necessidades das organizações, com resultados comprovados em várias áreas da indústria e serviços. No entanto, a implementação das metodologias *Lean* não é algo que possa ser levado com leviandade e, muitas vezes, algumas empresas falham em tornar-se “*Lean*”. Para além de um planeamento detalhado, uma implementação *Lean* carece de dotar todos os colaboradores da organização de conhecimentos acerca da filosofia *Lean Thinking*, das suas ferramentas e das vantagens associadas à sua implementação. É neste sentido que a formação sobre este tema assume uma elevada importância, sendo as simulações/jogos uma boa maneira de complementar os elementos teóricos, ajudando na compreensão do funcionamento e das vantagens das metodologias *Lean*.

“When teaching the practical skills and concepts of lean manufacturing, traditional training methods, such as lecturing and reading, appear to be less effective than using a simulation game”(Wan, Liao & Kuriger, 2012).

Com a crescente recorrência à utilização de ferramentas *Lean* por parte das empresas, as simulações são cada vez mais um elemento importante na transmissão de conhecimentos associados às boas práticas.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJETO

O presente documento relata o Projeto desenvolvido na empresa VLM Consultores, no âmbito do curso de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro, subordinado ao tema Simulação Didática em *Lean Thinking*.

O desafio colocado pela VLM Consultores foi a necessidade de reestruturar e desenvolver as simulações usadas nas formações intra-empresas prestadas sobre a

temática *Lean*. Como tal, foi proposto o desenvolvimento de modelos experimentais e pedagógicos para formação em sala e em ambiente industrial. O objetivo passava por criar um *dossier* que contivesse toda a informação necessária para um uso eficiente destes métodos pedagógicos.

1.2 RELEVÂNCIA DO DESAFIO

A VLM Consultores detém, fruto das atividades de consultoria que desenvolve maioritariamente em PME's nacionais, um conhecimento aprofundado da realidade empresarial. É com base nesses conhecimentos que a VLM detetou a necessidade de facilitar a compreensão e aprendizagens das técnicas/metodologias *Lean*. Sendo uma empresa que presta serviços de formação e implementação de projetos *Lean*, a empresa acredita que o futuro da indústria passa pela melhoria dos processos, redução de custos e criação de valor para o cliente. Assim, a VLM pretende aumentar a sua reputação nesta área, oferecendo algo diferente da concorrência.

É nesse sentido que surge este projeto, que visa a diferenciação dos elementos utilizados nas formações prestadas pela VLM aos seus clientes, ao tentar perceber as lacunas existentes atualmente e a partir daí desenvolver novas simulações para sala de aula, e ainda elaborar uma simulação em ambiente industrial.

A concretização deste projeto deve dotar a VLM de elementos de demonstração *Lean* que permitirão aos seus clientes uma maior facilidade na perceção das técnicas *Lean*, assim como as vantagens da sua aplicação. Este trabalho deve permitir à VLM Consultores ser uma referência na demonstração prática do *Lean Manufacturing* e consequentemente aumentar o volume de negócios nesta área.

Mas o foco do projeto pode ir mais além do que apenas servir as PME's nacionais. Também os estudantes de Engenharia e Gestão industrial (EGI), futuros utilizadores da metodologia *Lean*, podem usufruir desta ideia. Dadas as boas relações que a VLM mantém com a Universidade de Aveiro, e mais concretamente com o DEGEI – Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, os alunos de EGI da Universidade de Aveiro podem ter um acesso privilegiado a uma nova maneira de demonstrar e aprender as técnicas *Lean*.

1.3 METODOLOGIA DO TRABALHO

De modo a atingir os objetivos propostos, foi necessário efetuar uma pesquisa muito abrangente sobre a temática *Lean*. Para que fosse possível criar simulações para demonstrar como funcionam as metodologias *Lean*, era crucial obter conhecimentos aprofundados acerca do tema e efetuar uma revisão do estado da arte nesta área. Foi feita uma revisão bibliográfica extensa e foram analisados alguns exemplos de formações e implementações *Lean*, recorrendo a documentação da VLM alusiva a serviços prestados a clientes, de modo a obter os conhecimentos necessários para os próximos passos do projeto. Depois desta fase, houve uma distinção na metodologia utilizada para a simulação em sala e para a simulação em ambiente industrial:

- Simulação em sala

Em primeiro lugar, foi efetuada uma pesquisa exaustiva, sobretudo através da internet, sobre os elementos já existentes. Resultante dessa pesquisa e também da análise dos jogos/simulações já utilizadas pela VLM, foram surgindo novas ideias para implementar um jogo para as ferramentas 5S's, trabalho padronizado e gestão visual, e detetou-se ainda a falta de um jogo que demonstrasse a filosofia pull com menor tempo de simulação e maior facilidade de execução do que o jogo das fichas que vinha sendo utilizado. Fatores como a facilidade de execução, a viabilidade para sala de aula, os materiais utilizados e o tempo de simulação foram levados em conta ao longo do desenvolvimento das novas simulações. Daqui resultaram a “linha de refrigerantes” e a “montagem de legos”.

- Simulação em ambiente industrial

Inicialmente, foi realizado um pequeno inquérito a 17 empresas, clientes e não-clientes da VLM, de modo a verificar não só a receptividade à ideia, mas também quais as ferramentas *Lean* que as empresas achariam mais interessante ver demonstradas na prática. Após este passo, começou-se o planeamento propriamente dito da simulação, desde logo com a escolha do produto e a definição dos respetivos processos produtivos associados. Foi necessário também definir qual o número de iterações necessárias e quais as ferramentas a introduzir em cada uma delas, tendo em atenção o tempo disponível (para que a simulação tivesse o tempo necessário à obtenção de resultados pertinentes e, por outro lado, para que não fosse demasiado longa, com o

risco de se tornar desagradável para os participantes) e a lógica de implementação *Lean* (por exemplo, faz sentido que o balanceamento de linhas seja implementado antes da filosofia *pull*). Finalmente, foi determinado como as várias ferramentas devem ser aplicadas ao longo da simulação.

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este documento está dividido em 5 capítulos, começando por este capítulo introdutório.

No segundo capítulo, será introduzido o tema *Lean*, quais os seus ideais e algumas das ferramentas que lhe estão associadas. Ainda nesta parte será efetuada uma breve revisão bibliográfica sobre a formação em *Lean Thinking*.

O capítulo 3 começa pela apresentação da empresa VLM Consultores e da unidade de negócio Gestão de Operações, contendo ainda a descrição de alguns jogos utilizados atualmente nas ações de formação levadas a cabo pela VLM.

No capítulo 4 são apresentados os resultados do trabalho desenvolvido, nomeadamente a descrição dos jogos para simulação em sala e a apresentação da simulação em ambiente fabril.

No último capítulo, são tecidas as considerações finais relevantes, assim como algumas perspetivas em termos de trabalho futuro.

2. SIMULAÇÃO DIDÁTICA DE UMA PRODUÇÃO *LEAN*

2.1 *LEAN THINKING*

2.1.1 O *PULL*, O *JIT* E O *LEAN* NA PRODUÇÃO

Por volta dos anos 50, no Japão, Taiichi Ohno criou o *Toyota Production System* (TPS). A ideia revolucionária de Ohno foi implementar máquinas e ferramentas que fossem de fácil utilização e multifuncionais, produzindo lotes pequenos mas de grande variedade, consoante os pedidos dos clientes (Womack, 1990). É no TPS que o *Lean Production* tem as suas raízes, com os mesmos objetivos de eliminação de desperdícios e criação de valor para o cliente.

Valor é tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo e o esforço que dedicamos a algo (Pinto, 2009). São consideradas como desperdício todas as tarefas que não acrescentam valor ao produto, ou seja, pelas quais o cliente não está disposto a pagar. Womack e Jones (1996), referem-se a esta filosofia de gestão como *Lean Thinking* (traduzido literalmente significa “pensamento magro”) na obra com o mesmo nome.

Esta filosofia rege-se por cinco princípios, identificados por esses mesmos autores: (1) valor – consiste basicamente em especificar o que o cliente pretende, criando valor perceptível para este; (2) cadeia de valor – identificar a sequência de processos que permitem criar esse valor para o cliente; (3) fluxo – tudo o que não acrescenta valor deve ser eliminado, promovendo o fluxo de materiais sem interrupções; (4) *pull* (puxar) – produzir apenas o necessário, quando necessário. A produção deve ser puxada pelo processo a jusante; (5) perfeição – busca incessante pela melhoria contínua (*kaizen*¹).

No decorrer do desenvolvimento do TPS, Ohno e Shingo identificaram sete principais categorias de desperdício:

- Excesso de produção: considerado um dos piores desperdícios existentes nas fábricas, consiste em produzir mais do que é necessário, ou antes de ser necessário;
- Esperas: tempo em que as pessoas ou máquinas estão paradas enquanto esperam por recursos, itens ou autorizações para executar as tarefas;

¹ Palavra japonesa que significa melhoria contínua. Segundo o princípio *kaizen*, é sempre possível fazer melhor.

- Excesso de processamento: é todo o processo que é efetuado e que não acrescenta valor ao produto;
- Transporte e movimentações: o transporte de materiais, a movimentação de pessoas ou equipamentos devem ser minimizados (se possível eliminados);
- *Stocks*: o *stock* em excesso é a raiz de todos os problemas (Suzaki, 2010) e aumenta os custos operacionais devido à ocupação de espaço, necessidades de movimentação, papelada, entre outros aspetos;
- Trabalho desnecessário: movimentos dispensáveis à realização das tarefas;
- Defeitos: peças/produtos para sucata, necessidade de retrabalho, inspeções e tempo perdido são alguns dos principais problemas que podem surgir fruto de produtos defeituosos.

A estas sete categorias pode-se acrescentar o não aproveitamento do potencial das pessoas, que é algo que tem vindo a ser considerado recentemente como uma enorme fonte de desperdício.

Como já foi referido, um dos princípios do *Lean Thinking* é o sistema *Pull*, por oposição à tradicional filosofia *Push*. No sistema *Push* a produção é baseada em previsões, segundo um princípio *Just-In-Case*² (JIC), ou seja, produzir para *stock* para o caso de ser necessário. A produção é “empurrada” para o cliente (que pode ser o próximo processo) e são usados sistemas de planeamento de recursos como o MRP³.

No sistema *Pull*, a produção é despoletada pelo cliente, produzindo-se apenas quando existem encomendas. Estamos perante um princípio *Just-In-Time*⁴ (JIT), onde se produz apenas o necessário e quando for necessário, em contraste com o JIC do *Push*. No JIT a produção é “puxada” pelo cliente, e o fluxo de materiais e informação é controlado através de *kanbans*.

2.1.2 FERRAMENTAS LEAN

As ferramentas *Lean* são instrumentos utilizados na implementação da metodologia *Lean Thinking*. Como suporte desta filosofia, existem inúmeras ferramentas, das quais algumas delas, nomeadamente as que serão referenciadas nas simulações desenvolvidas, serão descritas em seguida.

² “Caso seja necessário, estará pronto”

³ Manufacturing Resource Planning – método para planeamento dos recursos necessários à produção numa indústria.

⁴ “Quantidade necessária, quando necessário”

2.1.2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM – VALUE STREAM MAPPING)

O VSM é uma ferramenta de diagnóstico que permite visualizar todo o percurso de uma determinada família de produtos ao longo de toda a cadeia de valor. Ajuda a ver cadeias de processos interligadas e imaginar o estado futuro das cadeias de valor *Lean* (Liker & Meier, 2006).

Na figura 1 é apresentado um exemplo de VSM. Observando os valores de *lead time*⁵ (LT) e valor acrescentado, percebe-se que neste caso específico, apesar do produto demorar apenas 188 segundos no seu tempo total de processamento (valor acrescentado), leva 23,6 dias a efetuar o seu trajeto do início ao fim da fábrica (*lead time*).

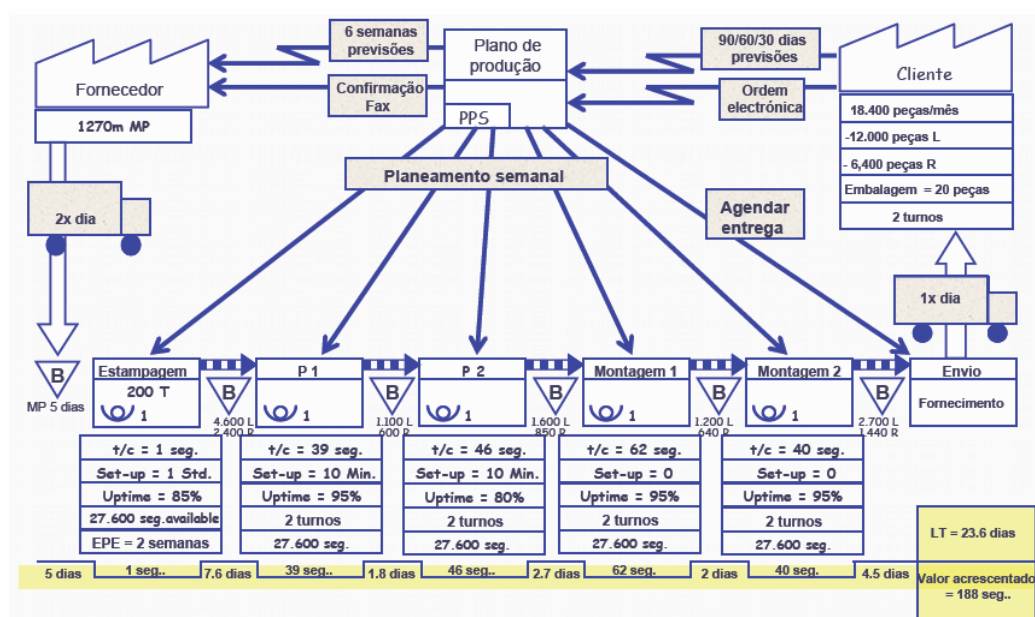


Figura 1 - Exemplo de VSM (Adaptado de: Rother & Shook, 1999)

Primeiramente, o mapeamento do fluxo de valor do estado atual (VSM “as is”) permite verificar os processos em que existem gargalos⁶, e identificar oportunidades de melhoria. No caso da figura 1, o posto de trabalho P1 pode ser considerado um

⁵ Tempo de processamento de um produto, desde o momento que é colocado na empresa até o momento em que o produto é entregue ao cliente

⁶ Ponto de estrangulamento; refere-se ao processo/tarefa que está a limitar o desempenho global do sistema.

gargalo, uma vez que é aquele que apresenta um tempo de espera para o processamento das peças mais alto (7,6 dias).

A caracterização do estado futuro (VSM “*to be*”) é realizado para dar a conhecer o fluxo pretendido ao longo da cadeia de valor no futuro, após melhorias.

O mapeamento é feito através de um fluxograma utilizando uma simbologia padrão para o efeito (Anexo A).

Esta ferramenta assume uma grande importância uma vez que permite ter uma visão ampla do fluxo produtivo, identificar e reduzir desperdícios, fomentar a discussão sobre os problemas e como os solucionar, e funciona como base para a implementação de outras ferramentas *Lean*.

2.1.2.2 5S

Os 5S referem-se a um conjunto de práticas que procuram a redução do desperdício e a melhoria de desempenho das pessoas e processos através de uma abordagem muito simples que assenta na manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho (Pinto, 2009).

O nome 5S provém das cinco palavras japonesas que constituem as etapas desta metodologia:

- *Seiri* - Separar/Classificar

Distinguir entre itens necessários e desnecessários à realização das tarefas no posto de trabalho. Os objetos ou dados desnecessários devem ser retirados do posto de trabalho. Os itens necessários podem ainda ser divididos em: (1) usados frequentemente, devendo estes ser colocados ao alcance do operador (2) os usados esporadicamente, que devem ser colocados nas imediações do local de trabalho (3) usados raramente, que devem ser colocados fora do local de trabalho.

- *Seiton* - Organizar/Arrumar

Identificar a forma e o local de armazenagem de cada item. De uma forma tradicional, “cada coisa no seu lugar”.

- *Seiso* - Limpar

Mais do que limpar, significa criar formas de preservar as condições das instalações e equipamentos. O aspeto visual transmite a imagem da organização.

- *Seiketsu* - Normalizar

Definir regras para a manutenção dos três primeiros S's, e implementar procedimentos padrão em todos os postos de trabalho similares.

- *Shitsuke* - Autodisciplina/Respeitar

Manter as condições alcançadas e fomentar hábitos de melhoria, sensibilizando os colaboradores e apelando ao respeito pelas regras.

2.1.2.3 Gestão visual

Os seres humanos captam grande parte da informação que os rodeia através da visão. Assim sendo, através de elementos visuais, como por exemplo quadros de controlo de produção, luzes *Andon*⁷, marcações no pavimento e marcações para arrumação de ferramentas, a comunicação de informações relevantes é feita de uma forma mais rápida e eficaz. A figura 2 apresenta dois exemplos de elementos de gestão visual: à esquerda um quadro de controlo de produção; à direita um sistema de marcação com código de cores, na ferramenta e no suporte onde ela deve ser colocada.

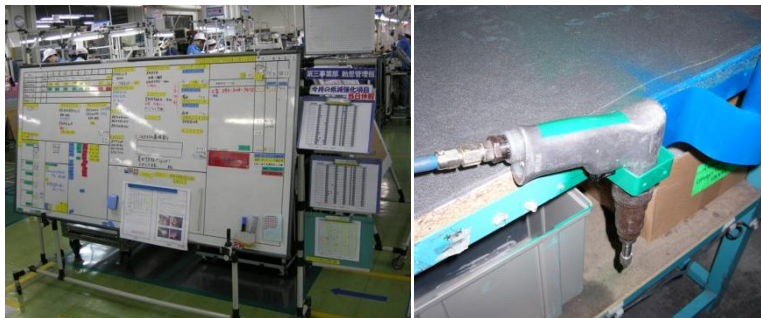


Figura 2 - Elementos de gestão visual

2.1.2.4 TRABALHO NORMALIZADO

Uniformizar, normalizar ou estandardizar significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas (Pinto, 2009). A figura 3 apresenta o método para a criação do trabalho normalizado.

⁷ Palavra japonesa que significa “lanterna”. É um sinal luminoso que indica a existência de problemas (Suzaki, 2010).



Figura 3 - Método para o trabalho normalizado

A ideia principal consiste em promover o envolvimento de operários e supervisores no processo de desenvolvimento da uniformização (Suzaki, 2010). As instruções de trabalho devem estar disponíveis para todos através da Folha de Trabalho Normalizado (FTN), na qual também devem constar elementos como operações de segurança e controle de qualidade.

“High production efficiency has been maintained by preventing the recurrence of defective products, operational mistakes, and accidents, and by incorporating workers ideas. All of this is possible because of the inconspicuous standard work sheet.”
(Taiichi Ohno, 1988)

2.1.2.5 SMED

Single Minute Exchange of Die (SMED) é uma metodologia para a redução do tempo de *setup*. Segundo Kannenberg (1994), citado por Neumann e Ribeiro (2004), o tempo de preparação ou de *setup* é o intervalo de tempo que decorre desde o término da última peça boa do lote anterior até a saída da primeira peça boa do próximo lote. Em qualquer análise de operações de *setup*, é importante distinguir entre as tarefas que podem ser executadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento (*setup* externo) e as que têm que ser feitas com a máquina desligada (*setup* interno) (Shingo & Dillon, 1989).

Ao diminuir os tempos de *setup*, vamos reduzir também o tamanho do lote e o nível de *stock*, bem como o lead time de produção, para que as operações da fábrica se tornem suficientemente flexíveis para responder às mudanças da procura de mercado (Suzaki, 2010).

2.1.2.6 POKA-YOKE

Outra ferramenta associada ao *Lean* são os mecanismos anti-erro (em japonês *poka-yoke*). Existem dois tipos de *poka-yoke* (figura 4), os de detecção de erros e defeitos, que podem ser usados para realizar uma determinada operação de inspeção (Shingo & Dillon, 1989), e os de prevenção, que não permitem a continuação das operações até que a condição indesejada tenha sido corrigida. O objetivo é atingir a máxima de “zero defeitos”, preconizada na Toyota.

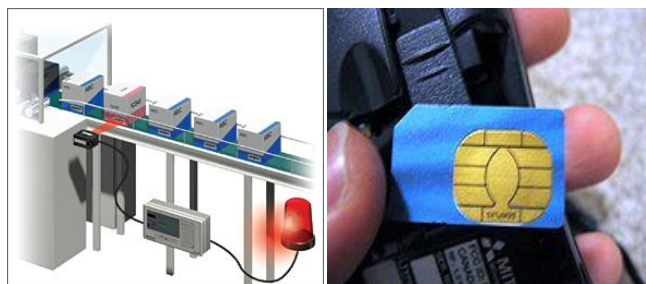


Figura 4 - *Poka yoke* de detecção (à esquerda) e *poka-yoke* de prevenção (à direita)

2.1.2.7 ONE PIECE FLOW

A produção peça a peça ou *one piece flow* consiste, como o próprio nome indica, em fabricar uma peça de cada vez ao longo da cadeia de produção, e vem contrariar a ideia tradicionalista de que a produção em lote traz mais vantagens. A redução do tamanho dos lotes de fabrico melhora o fluxo do processo, eliminando a acumulação de *Work In Progress* (WIP) entre processos, reduzindo a disseminação de erros e dotando a linha produtiva de uma maior flexibilidade para alterações. O ideal será produzir uma unidade de cada vez ao ritmo que o cliente pede (Liker, 2003).

2.1.2.8 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO

O balanceamento da produção tem como objetivo eliminar os “gargalos” da produção, manter um ritmo de trabalho cadenciado, melhorar o *layout*⁸ e tirar o máximo partido de pessoas e máquinas. Associado ao balanceamento encontra-se o conceito de *takt time* (*takt* é a palavra alemã para ritmo). *Takt time* é o ritmo ao qual os clientes necessitam de produtos acabados e é calculado dividindo o tempo total disponível por turno pela procura nesse turno (Rother & Harris, 2001). A partir do valor calculado para o ritmo da produção, faz-se o balanceamento da produção. O objetivo do balanceamento da linha é dar a cada operador uma carga semelhante de trabalho (Meyers & Stewart, 2001).

2.1.2.9 SISTEMA *PULL*

Qualquer sistema de produção pode ser conduzido de duas formas, em sistema *Push* (produção “empurrada”) ou em sistema *Pull* (produção “puxada”). Ao contrário da produção “empurrada”, em que os processos produzem independentemente do cliente precisar dos produtos, a produção “puxada” é despoletada pelos pedidos do cliente nas quantidades necessárias. Como descreve Liker (2003): “in the Toyota way, pull means the ideal state to *just-in-time* manufacturing: giving the customer (which may be the next step in the process) what he or she wants, when he or she wants it, and in the amount he or she wants.”

Num sistema *Pull* ideal, estão englobadas as ferramentas que são apresentadas seguidamente, nomeadamente o nivelamento da produção, o sistema *kanban* e o sistema de supermercado e *mizusumashi*.

2.1.2.10 *KANBAN*

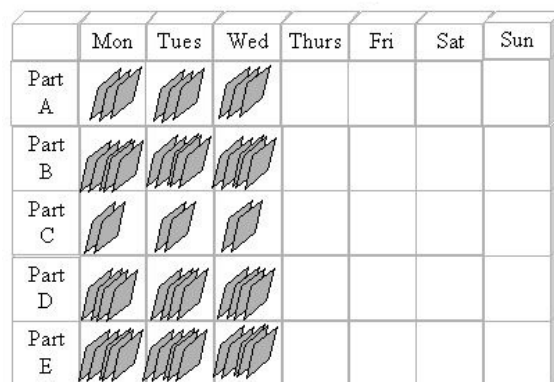
Kanban é uma palavra japonesa que significa “cartão”. É um elemento essencial na aplicação da filosofia *Pull*. O *kanban* é simplesmente o método de comunicação no sistema *Pull* e pode ser um cartão, um espaço vazio, um carrinho ou qualquer outro método de sinalização para o cliente dizer “estou pronto para mais” (Liker & Meier, 2006). O *kanban* contém informações quanto ao produto a produzir, as suas quantidades, o nome do setor que o consome e ainda do setor que o produz (Browne, Harhen & Shivan, 1996).

⁸ Arranjo físico de como estão organizados equipamentos, materiais, máquinas, secções numa determinada instalação.

2.1.2.11 NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO

O nivelamento da produção (em japonês *heijunka*) é realizado quer em volume, quer em *mix* de produtos (Liker, 2003). O processo *heijunka* começa por considerar o volume total da procura (encomendas), num dado período, e faz o nivelamento do output de modo a que o mesmo *mix* e o volume sejam fornecidos diariamente (Pinto, 2009).

Heijunka box ou quadro de nivelamento (Figura 5) é uma ferramenta de programação visual onde são colocados *kanbans* que representam as tarefas a ser executadas em determinado momento.



	Mon	Tues	Wed	Thurs	Fri	Sat	Sun
Part A	3 blocks	3 blocks	3 blocks				
Part B	4 blocks	4 blocks	4 blocks				
Part C	2 blocks	2 blocks	2 blocks				
Part D	3 blocks	3 blocks	3 blocks				
Part E	4 blocks	4 blocks	4 blocks				

Figura 5 - Exemplo de um *heijunka box* (Fonte: Management & Development Center).

Os intervalos no *heijunka box* são determinados através do cálculo do *pitch time*.

$$\text{Pitch time} = \text{takt time} \times \text{quantidade por embalagem}$$

2.1.2.12 MIZUSUMASHI E SUPERMERCADO

Os *mizusumashis* ou abastecedores seguem rotas normalizadas e transportam pequenas quantidades de materiais em horários definidos, transmitindo informação para a produção através do manuseamento de *kanbans* e abastecendo os postos de trabalho com peças /matéria-prima necessárias à realização das tarefas.

O Supermercado é o armazém responsável pelo abastecimento do sistema *Pull*. Normalmente, é criado quando os processos estão muito distantes ou quando dois ou mais consumidores utilizam o mesmo material.

O *Mizusumashi* é o responsável por fazer a ligação entre os processos e o supermercado.

2.2 JOGOS DE SIMULAÇÃO NA FORMAÇÃO EM *LEAN*

2.2.1 VANTAGENS DA SIMULAÇÃO

Segundo Banks e Carson (1984), a simulação é a imitação da operação de processos reais ou sistemas num dado período de tempo. De facto, o que se pretende numa simulação *Lean* é aproximar as pessoas do ambiente real com que se deparam no dia-a-dia. Através das configurações e tarefas semi-práticas dos jogos de simulação, os princípios *Lean* podem ser praticados de uma maneira sistemática para demonstrar os benefícios de uma implementação *Lean* passo a passo (Wan, Liao & Kuriger, 2012). Para além de divertidos e interessantes, os jogos e exercícios simuladores proporcionam uma experiência prática num determinado tema (Ozelkan & Galambosi 2009). As simulações *Lean* podem ser utilizadas quer para os colaboradores de uma determinada empresa (sejam estes da gestão de topo ou operários da linha de produção), quer para alunos (por exemplo, de Engenharia e Gestão Industrial). Os alunos precisam fazer mais do que apenas ouvir palestras, a fim de realmente aprender o conteúdo (Candido, Murman & McManus, 2007). A experiência de vários anos, indica que a simulação tem sido muito bem sucedida, sendo alvo de um feedback positivo por parte dos alunos (McManus et al., 2007). De maneira a ter uma transição suave para a indústria e os seus desafios, os alunos de engenharia e gestão devem ser bem treinados em conceitos *Lean* (Ozelkan et al., 2007), e uma das melhores formas de ensinar *Lean* parece ser através dos jogos de simulação. De facto, como referem Wan, Liao e Kuriger (2012), ao ensinar os conceitos *Lean*, os métodos tradicionais, tais como palestras e leitura, parecem ser menos eficazes do que usar um jogo de simulação.

2.2.2 TIPOS DE SIMULAÇÃO DIDÁTICA

2.2.2.1 JOGOS EM SALA

A simulação em sala é um tema já bastante desenvolvido e trabalhado. Consegue-se encontrar facilmente um grande número de jogos que têm vindo a ser utilizados para a

transmissão de conhecimentos na área do *Lean Thinking*. Entre alguns dos mais conhecidos e usados, pode-se apontar o jogo dos números (que aborda a temática 5S), o jogo de montagem de Legos (demonstra a filosofia *Pull*) e o processamento de envelopes (demonstra as vantagens do método *one piece flow*).

Algumas organizações têm desenvolvido jogos *Lean* para posterior venda, jogos estes que são normalmente mais complexos e abordam vários aspetos do *Lean*. É o caso da Pinnacle Process, que lançou para venda o Lean Board Game, um jogo de tabuleiro que foca conceitos como VSM, trabalho normalizado, filosofia *Pull*, SMED e *poka-yoke*.

Ozelkan e Galambosi (2009) sugerem um novo jogo para simulação de ambiente *Lean*, o Lampshade Game, que pretende demonstrar as diferenças entre *Craft Production*⁹, *Mass Production*¹⁰ e *Lean Production*. Encontram-se facilmente diversos artigos sobre este tema, no entanto, a grande maioria não apresenta uma descrição dos jogos que permita a sua replicação. Bicheno (2010), no seu livro *The Lean Games Book*, apresenta uma série de jogos para utilizar em sala, estando estes devidamente descritos e munidos dos anexos necessários à sua realização. Outro trabalho interessante nesta área, onde são referidas algumas das simulações usadas pelas empresas, é o relatório “Simulation Tools and Training Programs in Lean Manufacturing – Current Status”, escrito por Verma (2003).

2.2.2.2 SIMULAÇÃO EM AMBIENTE INDUSTRIAL

Os conceitos *Lean* são demasiado práticos para se conseguir dominar este tema sem ver como funciona na realidade, sem experimentar, sem ir ao “chão da fábrica”. Como diz Bicheno (2010), “Lean is about participation. Of course you cannot learn about lean only by reading books. You need to “go to the *gemba*¹¹” and learn by doing”. Algumas organizações têm vindo a procurar suprir a lacuna entre a simulação e a realidade industrial com a criação de laboratórios industriais, onde ocorrem simulações *Lean* num ambiente fabril muito próximo da realidade do dia-a-dia das pessoas. A McKinsey & Company é um desses exemplos, com a criação dos chamados *McKinsey Capability*

⁹ Produção artesanal – produção em baixa escala, onde as técnicas de produção eram essencialmente manuais.

¹⁰ Produção em larga escala, com linhas de montagem padronizadas e produção em lotes grandes.

¹¹ Palavra japonesa que significa “o local real”. No *Lean* refere-se ao local onde os problemas existem, ou seja, o “chão da fábrica”.

Centers, tendo até agora três desses centros voltados para o *Lean Manufacturing* (situados na Alemanha, em Itália e em França). Outro exemplo é o *Lean Lab Norge AS*, situado na Noruega, que também promove no seu espaço *workshops* e ações de formação em *Lean*.

A criação de uma simulação em ambiente industrial carece de um planeamento extremamente cuidadoso, uma vez que os investimentos serão muito superiores aos de uma simulação em sala, e espera-se que os conhecimentos que daí advêm sejam significativos para compensar esse aspeto. Neste ponto, livros como *The Toyota Way FieldBook* (Liker e Meier, 2006) ou *Gestão de Operações LEAN: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua* (Suzaki, 2010), são leituras importantes para perceber como são implementadas as técnicas *Lean*. Estas publicações apresentam as metodologias de aplicação e também alguns exemplos reais.

3. A FORMAÇÃO *LEAN THINKING* NA VLM CONSULTORES

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.1.1 INFORMAÇÃO GERAL

A VLM Consultores foi criada em 27 de Junho de 1995, e encontra-se atualmente sediada em Mamodeiro, concelho de Aveiro, mais concretamente no edifício Aveiro Business Center. É uma empresa que visa a criação de valor para o cliente, participando ativamente no crescimento e no sucesso de muitas empresas nacionais.

A VLM intervém nas organizações, através das suas unidades de negócio operacionais, nas seguintes áreas de atuação; Inovação, Responsabilidade Social, Qualidade, Segurança no Trabalho, Acompanhamento Ambiental e de Segurança em Obra, Segurança Alimentar, Estudos e Projetos, Incentivos Financeiros e Fiscais, Contabilidade e Assessoria Fiscal, Capital Humano, Formação, *Corporate Finance*, Gestão de Operações, Ambiente, Sistemas de Gestão, Laboratório de Ensaios de Segurança no Trabalho e Ambiente, Laboratório de Análises de Microbiologia.

A empresa tem o seu Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiental e de Investigação, Desenvolvimento e Inovação certificados, de acordo com as normas ISO 9001, ISO 14001 e NP 4457 pela APCER. É também uma entidade formadora certificada pela DGERT. Ao nível da Higiene e Segurança no Trabalho, foi a primeira empresa do distrito de Aveiro a ser autorizada pela ACT (Autoridade para as Condições no Trabalho) a exercer a atividade de Higiene e Segurança no Trabalho.

Em 2006, a VLM tornou-se associada da Inova-Ria – Associação de empresas para uma Rede de Inovação em Aveiro, uma entidade sem fins lucrativos que tem como objetivo a criação e consolidação de um agrupamento de organizações que contribua para o desenvolvimento e competitividade da região de Aveiro.

A VLM valoriza a competência e o profissionalismo dos seus colaboradores, de modo a estabelecer relações de confiança com os clientes. São também fomentadas as capacidades de dinamismo e criatividade de cada elemento dentro da organização, com o intuito de evoluir continuamente as áreas de negócio, e as suas vertentes, respondendo às necessidades dos clientes. Atualmente a VLM conta com 41 colaboradores internos, recorrendo por vezes a alguns colaboradores externos (por exemplo, formadores) para dar resposta às necessidades dos seus clientes.

Os clientes da VLM são maioritariamente da área da indústria, representando cerca de 40% do total. Seguem-se os serviços (14%), comércio (8%) e construção (6%). Quanto à distribuição geográfica dos seus clientes, como se pode verificar na figura 6, o grande foco são os distritos de Aveiro, Viseu, Coimbra e Porto. Em 2012, o volume de negócios da VLM rondou os 1,6 milhões de euros.

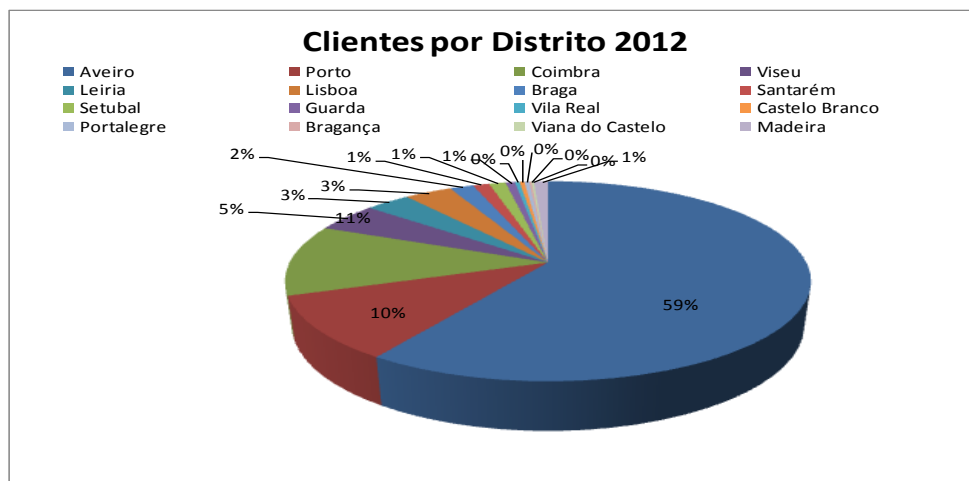


Figura 6 - Distribuição geográfica dos clientes da VLM Consultores

3.1.2 A ÁREA DE GESTÃO DE OPERAÇÕES

A unidade de Gestão de Operações faz parte da VLM desde a sua criação. Disponibiliza às empresas serviços na área de Lean Management, *Six Sigma* e controlo de variabilidade, sistema de informação *Lean*, estudos de tempos e métodos, seleção de ERP, implementação de ERP PowerGest – vertente Produção, assim como formação na área de *Lean*.

A atuação desta unidade prende-se com a necessidade das organizações repensarem os seus métodos e processos operativos. O objetivo passa por eliminar os desperdícios existentes, ajudando as empresas a encontrarem oportunidades de melhoria e a implementarem essas soluções.

Atualmente, grande parte do foco da Gestão de Operações na VLM passa pela implementação de soluções *Lean* e pela formação intra-empresas nessa mesma área. No ano de 2012, cerca de 70% da faturação desta unidade de negócios foi proveniente de ações de formação. Daqui compreende-se a importância que a

formação em *Lean* tem, não só para a Gestão de Operações, mas para a VLM em geral. Este tipo de resultados anuais permite tecer duas conclusões imediatas: a necessidade que existe de continuar a desenvolver simulações para a formação em sala e a necessidade de aumentar a faturação em termos de projetos de implementação *Lean*.

O projeto descrito neste relatório nasce destas duas necessidades, considerando o desenvolvimento de simulações para formação em sala, de modo a manter o nível de faturação nesta área, e por outro lado, pretende com a simulação industrial sensibilizar as empresas para as vantagens de implementar as ferramentas *Lean* e dotar a VLM com algo inovador face à concorrência, de maneira a ganhar mais projetos de implementação.

3.2 ATIVIDADES DE FORMAÇÃO EM *LEAN THINKING*

Na unidade de Gestão de Operações da VLM, a formação assume um papel importante, uma vez que o grande foco desta unidade passa pela implementação de soluções *Lean* nos seus clientes, e para que a implementação de um projeto *Lean* seja bem sucedida é fundamental que todos os colaboradores da empresa cliente sejam “formados” em *Lean*. Conhecer os princípios da metodologia, as suas vantagens e as ferramentas associadas é um passo crítico para a transformação dos processos de uma organização do tradicional para o *Lean*.

A VLM reconhece a importância de uma formação em *Lean Thinking* ser maioritariamente prática. Como já foi referido no capítulo anterior, o uso de jogos didáticos para complementar os elementos teóricos, aumenta a eficácia da aprendizagem. Neste sentido, a unidade de Gestão de Operações tem vindo a utilizar alguns jogos como a fábrica de fichas elétricas, o jogo dos números e o processamento de envelopes, que serão descritos de seguida.

3.2.1 FÁBRICA DE FICHAS ELÉTRICAS

Este é um jogo muito abrangente que conta com 3 iterações de 15 minutos cada, que permitem abordar ferramentas como o VSM, o balanceamento e o sistema *pull*, assim

como alguns elementos de gestão visual. Para a simulação, são usadas fichas inglesas (Figura 7).



Figura 7 - Ficha inglesa

1ª Iteração

Na primeira iteração, participam no jogo dez “atores” que vão assumir os seguintes papéis:

- 1 Encarregado – distribui as ordens de fabrico ao posto 2;
- 5 Operadores – executam as operações de montagem;
- 2 Agentes de operações – determinam o Tempo de Ciclo dos vários processos;
- 1 Transportador – transfere o material entre os postos de trabalho;
- 1 Expedidor – entrega as encomendas ao cliente.

A figura 8 apresenta o *layout* definido para a 1ª iteração.

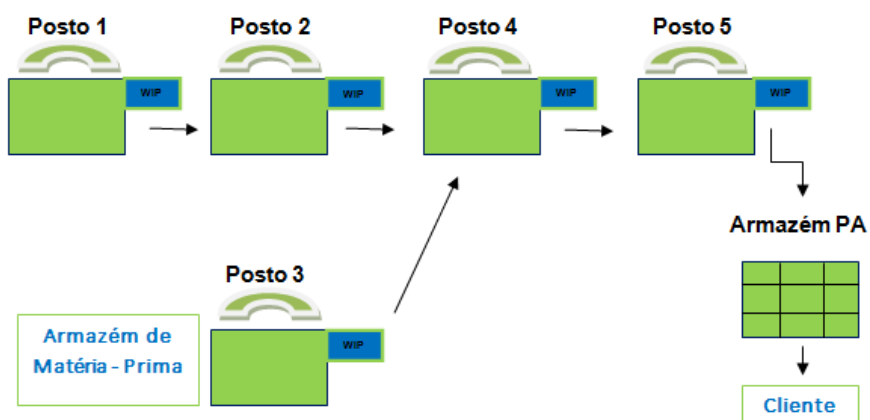


Figura 8 – *Layout* para a 1ª iteração do jogo das fichas elétricas.

No final da iteração, deve-se construir o mapeamento do fluxo de valor atual da linha de montagem, de maneira a verificar os desperdícios existentes no processo.

2ª Iteração

Depois de realizado o VSM, é necessário agir sobre os desperdícios. Nesta iteração irá proceder-se ao balanceamento da linha de montagem, resultando daí um novo *layout* (Figura 9). Assim, existe um balanceamento pré-definido como sugestão. Caso os participantes encontrem um balanceamento melhor, esse deverá ser usado. São também introduzidos alguns elementos de gestão visual, como por exemplo imagens nas instruções de trabalho.

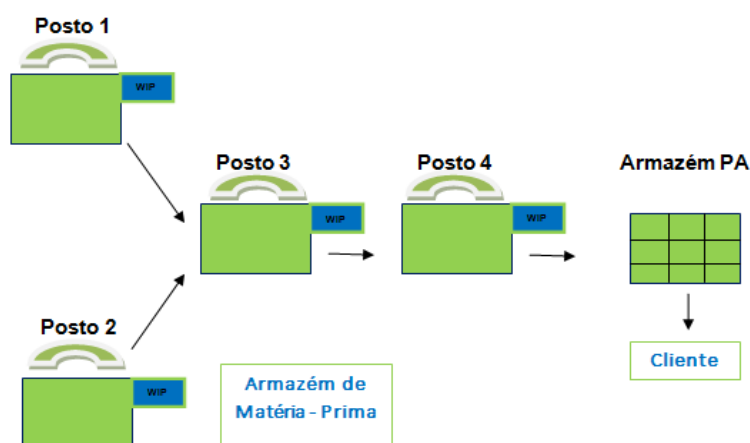


Figura 9 - *Layout* para a 2ª iteração do jogo das fichas eléctricas.

3ª Iteração

Até este momento, a “fábrica de fichas eléctricas” funcionava no sistema *Push*, o que provoca, entre outros problemas, acumulação de *stock* intermédio. Pretende-se nesta iteração construir um circuito *Pull* para a linha de montagem das fichas eléctricas, ou seja, um produto ou parte dele não é produzido até que seja pedido por um cliente posterior. São introduzidos *kanbans* para controlo do fluxo produtivo.

Na terceira iteração, participam no jogo oito “atores” que vão assumir os seguintes papéis:

- 4 Operadores – executam as operações de montagem;

- 1 *Mizusumachi* – responsável pelo abastecimento de matéria-prima;
- 1 *Mizusumachi* – responsável pelo transporte do produto acabado para o armazém, pela distribuição de *kanbans* à linha de montagem e entregas de material ao cliente, de acordo com a lista de clientes;
- 2 Agentes de operações.

As seguintes instruções devem ser dadas aos participantes/atores:

- Construa os *kanbans* de produção tendo em conta o *takt-time* e as tarefas atribuídas a cada posto de trabalho (verificar os intervalos de tempo do *heijunka box*).
- Realize o planeamento no *heijunka box*, tendo em conta o *pitch-time* (lote de 3 fichas) e o AWT (15 min).
- Construa uma caixa de construção de lote (folha A3), considerando que no total existe material para 42 fichas e 12 em *stock* (supermercado armazém).
- Crie o supermercado de componentes, de acordo com os *kanbans* fornecidos e utilizando a dinâmica de sistema de 2 caixas nos postos de trabalho.
- Defina a rota dos *mizusumashis*.
- Realize a simulação em sala, tendo em conta a lista de pedidos do cliente.

Conclusões

No final da simulação, os participantes devem retirar algumas conclusões perante as melhorias que vão sendo aplicadas. Nota-se que ao longo das iterações vai existindo uma maior rapidez de resposta ao cliente, aumentando o número de pedidos satisfeitos. Além disso, o *stock* entre postos de trabalho (WIP) vai sendo reduzido, e os operadores apresentam carga de trabalho idêntica, o que reduz os desperdícios.

3.2.2 JOGO DOS NÚMEROS

O jogo dos números é usado para demonstrar os passos da ferramenta 5S. A atividade consiste em “eliminar” os números presentes na folha fornecida, na sequência correta, de 1 a 49. Esta atividade não tem limite de participantes.

1ª Iteração

Entregar a cada participante a 1ª folha do jogo (Anexo B). Cada pessoa deve eliminar (com um traço) os números na ordem correta, dispondo de 30 segundos para completar a tarefa. No final da iteração, cada elemento dirá o número mais alto a que conseguiu chegar.

Deve-se questionar os participantes da simulação acerca dos resultados obtidos e quais os motivos para não terem conseguido um resultado melhor.

2ª Iteração

Aplicar o 1ºS – Separar: Os números 50 a 90 não são necessários e devem, portanto, ser eliminados.

Será então entregue a folha da 2ª iteração (Anexo C). O processo de eliminação dos números deve ser repetido, novamente com 30 segundos para o efetuar. No final da iteração, cada elemento dirá o número mais alto a que conseguiu chegar. Os resultados deverão ser debatidos, apontando as causas de não terem atingido resultados mais satisfatórios.

3ª Iteração

Aplicar o 2ºS – Organizar: usou-se uma grelha 3x3 para organizar os números, de baixo para cima, da esquerda para a direita. Por exemplo, o número 1 está no fundo esquerdo, 2 no meio, 3 no canto superior esquerdo.

Deve ser entregue a cada elemento a folha respetiva à 3ª fase do jogo (Anexo D). Repete-se todo o processo com o mesmo tempo disponível. Os resultados devem ser debatidos questionando os participantes acerca da satisfação perante os resultados obtidos e sobre como melhorar ainda mais esses resultados.

4ª Iteração

Aplicar o 3ºS – Limpar: Assumimos que foi contratada uma empresa de limpezas que efetuou um excelente trabalho.

Aplicar o 4ºS – Normalizar: os números foram colocados sequencialmente numa tabela.

A folha referente à 4ª iteração (Anexo E) deve ser distribuída aos participantes. O processo deve ser repetido de forma análoga às outras fases.

Aplicar o 5ºS – Respeitar: sensibilizar as pessoas para a importância de respeitar as regras para manter as condições alcançadas.

Conclusões

No final desta atividade, os participantes devem compreender a importância da organização em qualquer tipo de tarefa, assim como o conceito de desperdício. A aplicação dos 5S's e a sua importância em qualquer organização é a ideia chave deste jogo.

3.2.3 PROCESSAMENTO DE ENVELOPES

O processamento de envelopes é uma atividade que pretende demonstrar as vantagens do método *one piece flow* relativamente à tradicional produção em lote (*batch mode*).

Tem um número mínimo de 2 participantes. Podem ser criados vários grupos de 2 pessoas, sempre com uma a trabalhar em *one piece flow* e a outra em *batch mode*, para comparação de resultados.

Instruções

O colaborador a trabalhar em *one piece flow* irá seguir o seguinte método:

- Dobrar uma carta;
- Retirar a fita adesiva de um envelope;
- Colocar a carta dentro do envelope;
- Fechar envelope;
- Carimbar envelope;
- Repetir operações anteriores para todos os envelopes.

O colaborador a trabalhar em *batch mode* deve seguir o seguinte método:

- Dobrar todas as cartas;

- Retirar as fitas adesivas dos envelopes;
- Colocar as cartas dentro dos envelopes;
- Fechar os envelopes;
- Carimbar envelopes.

Para posterior análise, o tempo que cada colaborador demora a processar todos os envelopes deve ser cronometrado.

Conclusões

No final da atividade os participantes devem perceber as vantagens obtidas com a implementação do método *one piece flow*, nomeadamente: melhoria na produtividade (menor tempo de processamento), maior flexibilidade para alterações, eliminação de peças acumuladas entre postos de trabalho e melhorias na qualidade (redução da disseminação de erros).

3.3 O PROJETO

Este projeto pretende identificar e desenvolver modelos experimentais didáticos que permitam evidenciar a forma mais eficaz de implementar metodologias e ferramentas *Lean* nas PME's nacionais, ultrapassando os constrangimentos e barreiras que frequentemente provocam o insucesso dos projetos desencadeados. Os objetivos são a criação e validação de jogos didáticos para sala de aula, bem como o planeamento de uma simulação que irá decorrer num laboratório industrial, para demonstração e formação em *Lean Thinking*.

No âmbito dos jogos didáticos, existia a necessidade de criar um jogo abrangente, no género do jogo da fábrica de fichas elétricas, mas que pudesse ser usado num tempo mais curto, uma vez que a fábrica de fichas elétricas demora cerca de 8 horas para se realizar uma simulação completa. Havia portanto uma lacuna a suprir, a criação de um jogo para utilizar em *workshops* para os quais a VLM é por vezes convidada, e também para utilizar em formações com uma duração que não permite a simulação das fichas elétricas. Outro desafio proposto foi a criação de um elemento didático que

demonstrasse os benefícios das ferramentas 5S, trabalho normalizado e gestão visual, uma vez que estes elementos estão fortemente interligados.

Quanto à simulação em ambiente industrial, a criação de um laboratório para esse efeito surge da experiência de consultoria na implementação de projetos *Lean* pela VLM, que evidencia uma debilidade para o sucesso deste tipo de projetos por falta de conhecimentos e resistência à mudança por parte das organizações clientes. Assim, é pretensão da VLM que o laboratório industrial contenha uma linha de produção muito semelhante à realidade industrial das PME's nacionais, e que seja capaz de demonstrar os benefícios do *Lean Thinking*, assim como prestar uma ajuda crucial a essas mesmas empresas através de formação nessa área. Neste sentido, o desafio proposto pela VLM é o planeamento de uma simulação que irá posteriormente ser enquadrada no laboratório.

Na componente de jogos para simulação em sala foram desenvolvidos dois jogos, a linha de refrigerantes e a montagem de legos. O primeiro demonstra as ferramentas da filosofia *Pull*, o balanceamento da produção e introduz também alguns elementos de 5S e gestão visual. A atividade de montagem de legos incide sobre os 5S, a gestão visual e o trabalho normalizado.

Na simulação em ambiente industrial foram incluídas todas as ferramentas referidas no capítulo 2, embora algumas com maior incidência do que outras. Foi realizado todo o planeamento sobre como efetuar a simulação, como devem ser introduzidas as ferramentas e quais as conclusões que os participantes devem ser capazes de retirar.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS *LEAN*

Qualquer ferramenta *Lean* tem como objetivo melhorar determinados aspetos específicos dentro da empresa. Com base nas suas incidências, as ferramentas podem ser classificadas como ferramentas de diagnóstico, ferramentas RPF (*rapid product flow*), ferramentas *Pull System* e ferramentas de eficiência operacional. É importante considerar este aspeto no planeamento e desenvolvimento dos elementos pedagógicos pois, embora não seja imperativo, existe uma lógica de implementação das metodologias *Lean* que deve ser seguida de forma a atingir os resultados desejados.

Dentro das ferramentas de diagnóstico, referimos aqui o VSM (mapeamento do fluxo de valor), que permite verificar os desperdícios existentes ao longo do processo produtivo e identificar oportunidades de melhoria. Assim, faz sentido que esta metodologia seja utilizada em primeiro lugar, uma vez que vai permitir analisar quais as ferramentas que devem ser aplicadas para eliminar os desperdícios encontrados, servindo como a base de uma implementação *Lean*.

As ferramentas RPF são orientadas para um incremento do fluxo do produto, eliminando os desperdícios encontrados ao longo do processo. Neste âmbito, podem ser implementadas ferramentas como os 5S, o balanceamento da produção e a redução do tamanho do lote de fabrico. Qualquer uma destas metodologias tem como objetivo produzir mais com menos desperdício e promover uma produção mais organizada, o que irá criar o ambiente ideal para a introdução do sistema *Pull* numa fase posterior.

As ferramentas *Pull* são aquelas que vão permitir um ambiente onde a produção realize apenas aquilo que o cliente pede, servindo assim o necessário quando for necessário. O *kanban*, o nivelamento da produção, e a logística *Lean* com o *mizusumashi* e o supermercado, são elementos que permitem à organização funcionar segundo as diretrizes do JIT.

O SMED, ferramenta já referida anteriormente, pode ser dado como exemplo de uma metodologia de eficiência operacional. O objetivo deste tipo de ferramenta é diminuir, ou se possível eliminar, todo o tempo perdido com máquinas ou pessoas paradas, de forma a diminuir o *lead time* de produção.

4.2 SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS PARA FORMAÇÃO

São vários os fatores que condicionam a seleção das ferramentas a apresentar numa ação formativa. Desde logo, existem algumas ferramentas que não são facilmente demonstráveis ao longo de uma formação, seja pela dificuldade em simular as condições necessárias, seja pelo tempo que é necessário para a ferramenta apresentar resultados visíveis. Por exemplo, a ferramenta TPM (*Total Productive Maintenance*, em português, manutenção produtiva total) não é facilmente extrapolável para um ambiente de formação, seja em sala ou em ambiente industrial. Isto porque, apesar dos seus princípios serem explicáveis e demonstráveis, os seus resultados são atingidos apenas no médio ou longo prazo, uma vez que o objetivo principal é diminuir as avarias nas máquinas, não permitindo dar a perceber inequivocamente as suas vantagens ao longo da formação.

Por outro lado, importa incluir ferramentas que por norma são mais vezes implementadas nas empresas. Neste sentido, a análise de projetos de implementação *Lean*, atuais e anteriores, realizados pela VLM, fornece informações relevantes.

Também o inquérito realizado às empresas foi uma grande ajuda para perceber as exigências (pelo menos, das empresas da zona de Aveiro). Desta forma, conseguem-se retirar algumas conclusões sobre quais os aspetos *Lean* que suscitam maior curiosidade, mais dúvidas ou maiores dificuldades junto dos potenciais clientes das ações de formação que estão a ser desenvolvidas.

4.3 DIVISÃO ENTRE SIMULAÇÃO EM SALA E SIMULAÇÃO EM AMBIENTE INDUSTRIAL

Após a seleção e classificação das ferramentas que serão introduzidas nas simulações a desenvolver, resta fazer a divisão entre as ferramentas cujas vantagens se podem demonstrar melhor numa formação em sala e aquelas que serão demonstradas na simulação industrial.

Embora a simulação industrial tente englobar todas as ferramentas apresentadas no capítulo 2, algumas têm uma menor incidência, como por exemplo os 5S, a gestão visual e o trabalho padronizado, pois são facilmente exemplificados com simulações em sala, podendo ser difícil chamar a atenção de todos os participantes numa simulação industrial. Por exemplo, as vantagens da introdução de uma folha de

trabalho padronizada num determinado posto de trabalho podem ser impercetíveis para um participante que esteja ligado à parte logística da linha. Este facto não invalida, obviamente, que seja chamada a atenção de todos os participantes para este tipo de pormenores e que no final de cada iteração sejam retiradas as devidas conclusões, uma vez que se tratam de ferramentas cuja sua importância não pode ser desvalorizada.

Além disso, existem alguns elementos que são difíceis de reproduzir numa formação em sala. É o caso do SMED e da metodologia *poka-yoke*. Apesar de existirem alguns jogos para estas ferramentas, ficam muito longe da realidade onde elas são implementadas e, por esse motivo, ficarão de fora das simulações em sala.

A tabela 1 faz um resumo das ferramentas *Lean* seleccionadas, da sua classificação e da divisão para simulação em sala e/ou ambiente industrial.

Tabela 1 - Análise das ferramentas *Lean*

FERRAMENTA	CLASSIFICAÇÃO	SIMULAÇÃO	
		SALA	INDUSTRIAL
<i>Value Stream Mapping</i>	Diagnóstico	X	X
5S	RPF	X	
Gestão visual	RPF	X	
Trabalho Normalizado	RPF	X	
SMED	Eficiência operacional		X
<i>Poka-yoke</i>	RPF		X
Balanceamento	RPF	X	X
<i>One piece flow</i>	RPF	X	X
<i>Kanban</i>	Sistema <i>Pull</i>	X	X
Nivelamento	Sistema <i>Pull</i>	X	X
Supermercado e <i>Mizu</i>	Sistema <i>Pull</i>	X	X

4.4 SIMULAÇÃO EM SALA

4.4.1 LINHA DE REFRIGERANTES

Esta simulação tem como principal objetivo demonstrar as vantagens do balanceamento da linha e da filosofia *Pull*. É simulada uma linha de refrigerantes (exemplo na figura 10), que começa por funcionar num sistema tradicional. Após a 1ª iteração são introduzidas alterações na linha, de maneira a criar um ambiente “*Lean*”. Esta simulação foi apresentada no ENEGI 2013 (Encontro Nacional de Engenharia e Gestão Industrial), tendo o *feedback* sido muito positivo. A simplicidade do jogo coaduna-se com a simplicidade inerente ao *Lean*, e as duas iterações que compõem a simulação contrapõem na perfeição os desperdícios de uma produção tradicional e a organização de uma produção em *Lean*.

O tempo disponível para cada iteração (AWT – *Available Working Time*) é de 10 minutos, e existem 3 referências de produto: copo com Sumol, copo com Ice Tea e copo com Coca-Cola.



Figura 10 – Exemplo de um produto final da linha.

1ª Iteração

A 1ª iteração desta simulação conta com 12 participantes que desempenham as seguintes funções:

- 6 Operadores – Executam as operações da linha de produção mediante as instruções de trabalho fornecidas (Tabela 2) e realizam o abastecimento aos postos de trabalho, quando verificarem que não existe material.

- 2 Agentes de operações – Têm como tarefa determinar o tempo de ciclo¹² dos vários processos e verificar eventuais oportunidades de melhoria.
- 1 Transportador – Transfere o material entre os postos de trabalho.
- 1 Expedidor – Entrega as encomendas ao cliente de acordo com os seus pedidos.
- 2 Clientes – Entregam ao expedidor os seus pedidos segundo a lista de pedidos do cliente (Anexo F).

Tabela 2 – Operações para cada posto na 1ª iteração

POSTO	OPERAÇÕES
POSTO 1	Colocar o rótulo e duas pedras de gelo no copo.
POSTO 2	Abastecer o copo com a bebida.
POSTO 3	Encaixar a tampa no copo.
POSTO 4	Retirar o plástico da palhinha e colocá-la no copo.
POSTO 5	Recortar o enfeite e colocar na palhinha.
POSTO 6	Realizar o controlo de qualidade: - Verificar se a tampa está bem encaixada e se possui rótulo; - Agitar o copo para verificar se tem gelo; - Verificar se o rótulo e o enfeite estão de acordo com a bebida.

A figura 11 mostra um possível *layout* para esta fase do jogo.

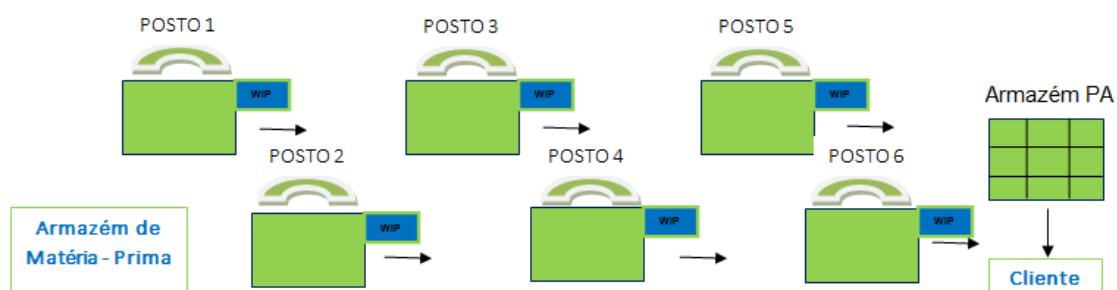


Figura 11 - *Layout* da linha para a 1ª iteração da simulação

¹² Tempo necessário para a execução do trabalho numa peça.

Para dar início à simulação, existem as seguintes regras: (1) o posto 1 define qual a sequência de cumprimento das ordens de fabrico (Anexo G); (2) entre os postos de trabalho existem zonas para *stock* de produto em curso de fabrico; (3) existe algum *stock* em curso resultante do dia anterior de trabalho; (4) as MP's estão disponíveis no armazém da linha de refrigerantes.

No final desta iteração, é realizado o VSM, no qual se faz o levantamento de oportunidades de melhoria, sendo selecionadas de seguida as ferramentas adequadas para reduzir os desperdícios encontrados.

Desta 1ª iteração, podem desde já retirar-se algumas conclusões, para as quais se deve chamar a atenção dos participantes: o tempo de ciclo dos vários postos de trabalho é bastante diferente; existe uma taxa de ocupação baixa em alguns postos, o que implica tempos de espera; elevados *stocks* entre processos; satisfação de poucas encomendas de cliente; trata-se de uma linha de montagem em que último posto, P6, está muito distante do 1º posto (problemas de qualidade).

2ª Iteração

De acordo com as conclusões obtidas seria necessário implementar, numa 1ª fase, as ferramentas: balanceamento da linha, metodologia 5S, gestão visual e sistema Pull (*Heijunka*, *kanban*, *mizusumashi* e supermercado).

A 2ª iteração desta simulação conta com 9 atores que desempenham as seguintes funções:

- 3 Operadores – Executam as operações de montagem em linha, de acordo com as Instruções de Trabalho (Anexo H).
- 2 Agentes de operações – Têm como tarefa determinar o tempo de ciclo dos vários processos e verificar eventuais oportunidades de melhoria.
- 1 *Mizusumashi* – Entrega as encomendas ao cliente de acordo com os seus pedidos.
- 1 *Mizusumashi* – Responsável por abastecer os postos de trabalho.
- 2 Clientes – Entregam ao *mizusumashi* os seus pedidos segundo a lista de pedidos do cliente (igual à da 1ª iteração).

Para esta fase, os postos de trabalho foram balanceados e as novas instruções de trabalho apresentam também elementos de gestão visual. Uma vez que o número de postos foi reduzido para três, e existe agora uma maior preocupação em que os elementos da linha de produção fiquem o mais perto possível, definiu-se um novo *layout* que se encontra representado na figura 12. De forma análoga à iteração anterior, existem algumas regras para dar início à simulação: (1) entre os postos de trabalho existem zonas para *stock* de produto em curso de fabrico; (2) existe algum *stock* em curso resultante do dia anterior; (3) o *mizusumashi* retira o material do armazém e abastece os postos de acordo com as necessidades; (4) as MP's estão disponíveis nos postos de trabalho da linha de Refrigerantes.

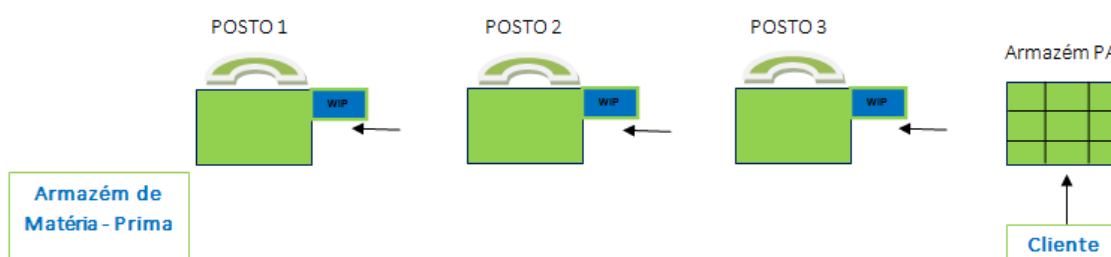


Figura 12 - Layout da linha para a 2ª iteração da simulação

As ferramentas 5S e gestão visual são introduzidas nesta fase da simulação. Para além do que já foi referido acerca das imagens presentes nas instruções de trabalho, também estarão zonas devidamente identificadas entre os postos para o *stock* intermédio (Anexo I). O supermercado e o *mizusumashi*, que neste caso é um tabuleiro para transporte dos copos, estão também dotados de cores e/ou imagens para reduzir a possibilidade de erros. Tudo isto revela preocupação em obter uma produção mais fluida e organizada.

O supermercado é o armazém onde se encontra o produto acabado acompanhado dos respetivos *kanbans*. Na figura 13, pode-se ver o supermercado com o código de cores predefinido (verde – Sumol, azul – Ice Tea, vermelho – Coca-Cola). Quando o produto é levado pelo *mizusumashi* para o cliente, libertam-se *kanbans* que dão a ordem de produção a seguir.



Figura 13 - Supermercado de produto acabado

Nos postos de trabalho estão presentes folhas de abastecimento (Anexo J), que dão a informação ao *mizusumashi* de abastecimento aos postos sobre quando é necessário reabastecê-los e com que material. Aqui, é utilizado o sistema de espaço vazio, ou seja, o espaço vazio na folha de abastecimento significa que o *mizusumashi* deve colocar naquele espaço o respetivo material. Desta forma, o material chega aos postos de trabalho de uma forma organizada e bem a tempo de ser utilizado na produção. O tabuleiro para este *mizusumashi* efetuar o transporte dos materiais também tem elementos visuais, tal como já foi referido, presentes no Anexo K.

Considerações finais

No final da 2ª e última iteração, podem-se retirar várias conclusões pertinentes: existe claramente uma maior rapidez de resposta ao cliente, assim como um maior número de pedidos satisfeitos; o WIP entre processos é reduzido e controlado; existe um menor desperdício por parte dos operadores, acrescentando maior valor ao produto; o controlo de qualidade é superior, uma vez que os defeitos não se propagam como na iteração anterior.

4.4.2 MONTAGEM DE LEGOS

O objetivo deste jogo didático é realçar a importância das metodologias 5S, gestão visual e trabalho padronizado. Através de uma atividade de montagem de legos, em que existem duas caixas de trabalho disponíveis (uma com as metodologias

implementas, outra não), podem retirar-se rápidas conclusões sobre a importância de alguns aspetos relacionados com essas ferramentas *Lean*.

Nº participantes: 6 (2 equipas de 2 elementos; 2 cronometristas)

Instruções

Existem duas caixas disponíveis para a atividade. Uma delas contém os legos todos desarrumados, com elementos desnecessários à atividade (tampas de caneta, molas, etc.) e instruções de trabalho escritas. Esta caixa representa a desorganização que pode advir de um ambiente de trabalho sem a aplicação dos princípios *Lean*.

A outra caixa contém os legos devidamente identificados e arrumados, assim como instruções de montagem através de imagens. As caixas estão representadas na figura 14.



Figura 14 – caixas de legos (à esquerda sem *Lean* aplicado; à direita com ferramentas *Lean* aplicadas)

A cada equipa será atribuída uma das caixas. Regista-se o tempo total de cada equipa para cumprir o trabalho de montagem do produto pedido.

Uma das principais diferenças encontra-se nas instruções de trabalho, sendo espectável que a informação prestada de uma forma visual seja muito mais eficiente. A tabela 3 apresenta as instruções em texto, enquanto a figura 15 apresenta as instruções de trabalho através de ilustrações.

Tabela 3 – Instruções de trabalho textuais

1	Colocar uma peça azul tamanho 4x2 sobre a mesa, de forma a que a face mais estreita fique virada para cima, e no canto superior da mesma sobrepor uma peça 2x2 da mesma cor.
2	Sobre a peça azul de tamanho 2x2 encaixar uma peça 2x2 de cor amarela.
3	Repetir as operações 1 e 2.
4	Dispor os 2 conjuntos anteriores sobre a mesa, de forma vertical, paralela e ligeiramente separados. Sobre as peças amarelas encaixar nos extremos da parte interior uma peça 4x2 de cor verde.
5	No centro da peça 4x2 colocar uma peça 2x2 de cor verde e sobre esta, ao centro, colocar uma peça 4x2 da mesma cor posicionada de forma horizontal.
6	Sobre a peça 4x2 verde colocar duas peças 4x2 laranjas, posicionadas horizontalmente e unidas, sobrepondo cada uma delas apenas 4 pontos da peça verde.
7	No centro das duas peças 4x2 laranja, colocar uma peça preta de tamanho 2x2.
8	No extremo de uma das peças laranja encaixar uma peça branca de tamanho 2x2. Repetir a montagem para a outra peça laranja.
9	Sobre o extremo da peça 2x2 branca, encaixar uma peça 2x1 da mesma cor. Repetir a montagem para a peça branca que se encontra do lado oposto.
10	Sobre a peça preta, tamanho 2x2, encaixar uma peça da mesma cor mas tamanho 4x2 para que fique posicionada verticalmente e apenas encaixada nos 4 pontos dos extremos superiores.



Figura 15 - Instruções de trabalho visuais

Conclusões

As principais considerações finais a retirar desta atividade são reconhecer a importância da organização e identificação dos materiais, e verificar as vantagens da informação visual e do trabalho normalizado.

4.5 SIMULAÇÃO EM AMBIENTE INDUSTRIAL

Se, por um lado, as simulações usadas em sala conseguem exemplificar facilmente algumas práticas associadas ao *Lean*, existe por vezes alguma dificuldade por parte das pessoas em perceber a associação entre esse tipo de jogos e a realidade do dia-a-dia. Esta vertente do projeto tem como finalidade um contacto com as metodologias *Lean* num ambiente muito próximo da realidade. É de acreditar que, quanto menor for a distância entre a realidade da aprendizagem e a realidade industrial do dia-a-dia, a “ponte” entre a teoria e a prática será mais fácil de atravessar.

Este capítulo pretende fornecer todo o planeamento necessário para uma simulação *Lean* em ambiente industrial, que posteriormente poderá ser posta em prática num edifício para esse efeito, o anteriormente referido laboratório industrial. Este edifício seria um pavilhão industrial, no qual será inserida a linha de produção concebida.

Produto

Uma das dificuldades é imediatamente a escolha do(s) produto(s) que se iria(m) produzir, uma vez que esta escolha condiciona toda a simulação. Desde logo, não poderá ser um produto extremamente complexo, pois afetaria o tempo da simulação e a modificação da linha de produção aquando da introdução das ferramentas *Lean* nos processos, mas também não poderá ser um produto com processos demasiado simples, com a possibilidade de se tornar algo muito semelhante às simulações usadas em sala.

Assim, foram escolhidos dois tipos de produtos para fabricação: caixas de arrumação (Figuras 16 e 17) e porta-revistas (Figuras 18 e 19).



Figura 16 - Caixa de arrumação

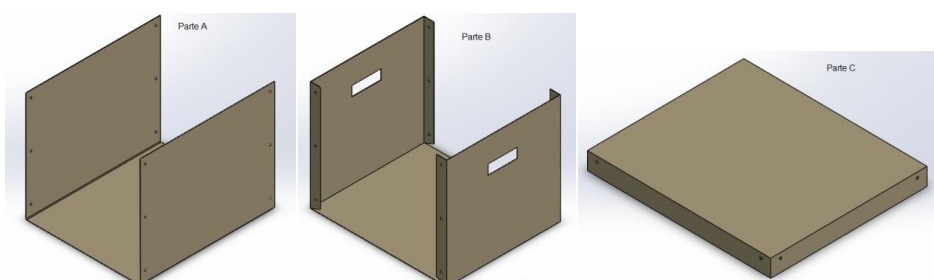


Figura 17 - Partes da caixa de arrumação (desenho em SolidWorks)



Figura 18 - Porta-Revistas

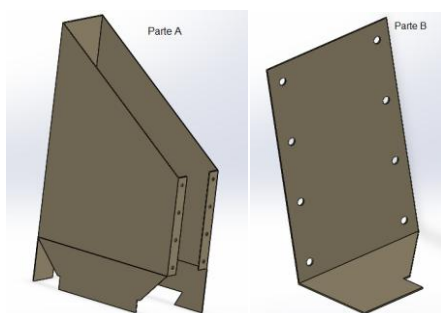


Figura 19 - Partes do porta-revistas (desenho em SolidWorks)

Processos produtivos

O próximo passo no planeamento da simulação é definir todos os processos produtivos e respetivas tarefas. Para obter os dados necessários para o posterior balanceamento da linha (por exemplo, *takt time*), foram simulados os tempos necessários à realização de todas as tarefas, recorrendo à simulação dos movimentos necessários à sua execução. Todos os processos, tarefas e tempos associados a cada posto de trabalho, e relativamente aos dois produtos, estão descritos nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Processos produtivos referentes à caixa de arrumação.

CAIXA DE ARRUMAÇÃO			
Posto	Nº	Descrição	Tempo (seg)
POSTO 1 – CORTE COM GUILHOTINA	1	Pegar na placa de cartão (parte A) da palete	3.6
	2	1º corte	4.0
	3	Rodar peça e 2º corte	5.6
	4	Rodar peça e 3º corte	5.6
	5	Rodar peça e 4º corte	5.6
	6	Pousar cartão na palete	2.7
	7	Pegar na placa de cartão (parte B) da palete	3.6
	8	1º corte	4.0
	9	Rodar peça e 2º corte	5.6
	10	Rodar peça e 3º corte	5.6
	11	Rodar peça e 4º corte	5.6
	12	Pousar cartão na palete	2.7
	13	Pegar na placa de cartão (parte C) da palete	3.6
	14	1º corte	4.0
	15	Rodar peça e 2º corte	4.3
	16	Rodar peça e 3º corte	4.3
	17	Rodar peça e 4º corte	4.3
	18	Pousar cartão na palete	2.7
	TOTAL		77.4
POSTO 2 – CORTE COM BALANCE	1	Pegar na parte B da peça da palete	3.6
	2	1º corte lateral	6.2
	3	Rodar peça e 2º corte lateral	8.3
	4	Rodar peça e 1ª furação p/ asa	5.7
	5	Rodar peça e 2ª furação p/ asa	5.7
	6	Pousar peça na palete	2.7
	7	Pegar na parte C (tampa) da palete	3.6
	8	1º corte canto	4.1
	9	Rodar peça e 2º corte canto	4.9
	10	Rodar peça e 3º corte canto	4.9
	11	Rodar peça e 4º corte canto	4.9
	12	Pousar peça na palete	2.7
	TOTAL		57.3
POSTO 3 - DOBRAGEM	1	Pegar na placa de cartão (parte A) da palete	3.6
	2	1ª Dobragem	3.2
	3	2ª Dobragem	2.9
	4	Pousar cartão na palete	2.7
	5	Pegar na placa de cartão (parte B) da palete	3.6
	6	1ª Dobragem Lateral	4.5
	7	Rodar peça e 2ª Dobragem lateral	5.6
	8	Rodar peça e 1ª Dobragem central	5.7
	9	2ª Dobragem central	2.9
	10	Pousar cartão na palete	2.7
	11	Pegar na placa de cartão (parte C) da palete	3.6
	12	1ª Dobragem	3
	13	Rodar peça e 2ª Dobragem	3.4
	14	Rodar peça e 3ª Dobragem	3.4
	15	Rodar peça e 4ª Dobragem	3.4
	16	Pousar cartão na palete	2.7
	TOTAL		56.9

POSTO 4 - FURAÇÃO	1	Pegar na placa de cartão (parte A) da paleta	3.6
	2	Colocar uma das laterais no molde e furar	4.3
	3	Mover a peça e 2ºs furos	5.5
	4	Rodar a peça e 3ºs furos	6.5
	5	Mover a peça e 4ºs furos	5.5
	6	Pousar cartão na paleta	2.7
	7	Pegar na placa de cartão (parte B) da paleta	3.6
	8	Colocar uma das laterais no molde e furar	4.3
	9	Mover a peça e 2ºs furos	5.5
	10	Rodar a peça e 3ºs furos	6.5
	11	Mover a peça e 4ºs furos	5.5
	12	Pousar cartão na paleta	2.7
	13	Pegar na placa de cartão (parte B) da paleta	3.6
	14	Colocar peça no molde e furar	4.7
	15	Mover a peça e 2ºs furos	4.9
	16	Rodar a peça e 3ºs furos	4.9
	17	Mover a peça e 4ºs furos	4.9
	18	Pousar cartão na paleta	2.7
TOTAL			81.9
POSTO 5 – APLICAÇÃO DE FITA	1	Pegar na placa de cartão (parte C)	1.5
	2	Pegar na máquina de aplicar fita	1
	3	Aplicação de fita metálica a toda a volta	14.6
	4	Pousar máquina de aplicar fita	0.9
	5	Verificação e correção de cantos	11
	6	Pousar cartão na paleta	1.6
TOTAL			30.6
POSTO 6 – REBITAGEM E MONTAGEM	1	Colocar parte B da peça na mesa de trabalho	1.5
	2	Pegar numa peça metálica p/ asa e encaixar	4.1
	3	Dobra c/ ferramenta para concluir encaixe	9.8
	4	Rodar peça	2.1
	5	Pegar numa peça metálica p/ asa e encaixar	4.1
	6	Dobra c/ ferramenta para concluir encaixe	9.8
	7	Pousar peça nos roletes	1.6
	8	Colocar parte C da peça na mesa de trabalho	1.5
	9	Colocar parte metálica no 1º canto	2.3
	10	Pegar na rebiteadeira e fazer 1ª rebitagem	4.9
	11	2ª Rebitagem	4
	12	Pousar rebiteadeira	1.2
	13	Rodar peça	1.4
	14	Repetir ponto 9 a 13 para restantes 3 cantos	41.4
	15	Pousar parte C da peça nos roletes	1.6
TOTAL			91.3
POSTO 7 – COLOCAÇÃO DE AUTOCOLANTE	1	Colocar parte A da peça na bancada	1.5
	2	Imprimir autocolante	16
	3	Retirar plástico	3.4
	4	Colar autocolante na parte lateral da peça	5.9
	5	Colocar peça nos roletes	1.6
TOTAL			28.4
POSTO 8 – EMBALAGEM	1	Colocar parte C na bancada com abertura p/ cima	1.5
	2	Pegar na parte A da peça	1.5
	3	Dobrar parte A e colocar “dentro” da parte C	4.1
	4	Pegar na parte B da peça	1.5
	5	Dobrar parte B e colocar também “dentro” da parte C, devidamente acondicionada com a parte A	4.9
	6	Pegar na embalagem	1.7
	7	Colocar produto dentro da embalagem	3.8
	8	Pegar nos rebites e colocá-los dentro da embalagem	2.9
	9	Fechar embalagem	6.9
	10	Colocar embalagem na paleta	2.9
TOTAL			31.7
POSTO 9 – FABRICO DAS PARTES METÁLICAS	1	Colocar metal p/ 2 cantos no balancê	5.7
	2	Colocar metal p/ 1 asa no balancê	4.7
	3	Pancada com o balancê	2.6
	4	Retirar componentes p/ caixa de armazenagem	4.8
	5	Colocar metal p/ 2 cantos no balancê	5.7
	6	Colocar metal p/ 1 asa no balancê	4.7
	7	Pancada com o balancê	2.6
	8	Retirar componentes p/ caixa de armazenagem	4.8
TOTAL			35.6

Tabela 5 – Processos produtivos referentes ao porta-revistas

PORTA-REVISTAS			
Posto	Nº	Descrição	Tempo (seg)
POSTO 1 – CORTE COM GUILHOTINA	1	Pegar na placa de cartão (parte A) da paleta	3.6
	2	1º corte	4.0
	3	Rodar peça e 2º corte	5.4
	4	Rodar peça e 3º corte	5.4
	5	Rodar peça e 4º corte	5.4
	6	Pousar cartão na paleta	2.7
	7	Pegar na placa de cartão (parte B) da paleta	3.6
	8	1º corte	3.8
	9	Rodar peça e 2º corte	4.2
	10	Rodar peça e 3º corte	4.2
	11	Rodar peça e 4º corte	4.2
	12	Pousar cartão na paleta	2.7
	TOTAL		49.2
POSTO 2 – CORTE COM BALANCÊ	1	Pegar na parte A da peça da paleta	3.6
	2	1º corte lateral	6
	3	Rodar peça e 2º corte lateral	9.2
	4	Pousar peça na paleta	2.7
	5	Pegar na parte B da peça da paleta	3.6
	6	Efetuar corte	3.3
	7	Pousar peça na paleta	2.7
	TOTAL		31.1
POSTO 3 - DOBRAGEM	1	Pegar na placa de cartão (parte A) da paleta	3.6
	2	Dobragem na 1ª asa	3.2
	3	Rodar peça. Dobragem na 2ª asa	3.8
	4	Rodar peça. Dobragem	5.6
	5	Pousar cartão na paleta	2.7
	6	Pegar na placa de cartão (parte B) da paleta	3.6
	7	Dobragem	3.2
	8	Pousar cartão na paleta	2.7
	TOTAL		28.4
POSTO 4 - FURAÇÃO	1	Pegar na placa de cartão (parte A) da paleta	3.6
	2	Colocar uma das laterais no molde e furar	4.3
	3	Rodar a peça e 2ºs furos	6.5
	4	Pousar cartão na paleta	2.7
	5	Pegar na placa de cartão (parte B) da paleta	3.6
	6	Colocar peça no molde e furar	4.3
	7	Mover peça e 2ºs furos	5.5
	8	Pousar cartão na paleta	2.7
	TOTAL		33.2
POSTO 5 – APLICAÇÃO DE FITA	1	Pegar na placa de cartão (parte A)	1.5
	2	Pegar na máquina de aplicar fita	1
	3	Aplicação de fita metálica a toda a volta	8.9
	4	Pousar máquina de aplicar fita	0.9
	5	Verificação e correção de cantos	5.3
	6	Pousar cartão na paleta	1.6
	TOTAL		19.2
POSTO 6 – REBITAGE M E MONTAGE M	1	Colocar parte A da peça na mesa de trabalho	1.5
	2	Colocar parte B da peça na mesa de trabalho	1.5
	3	Pegar na rebiteadeira	1.4
	4	Efetuar as 8 rebitagens	32
	5	Colocar o produto nos roletes	1.6
	TOTAL		38
POSTO 7 – COLOCAÇÃO O DE AUTOCOLA NTE	1	Colocar o produto na bancada	1.5
	2	Imprimir autocolante	16
	3	Retirar plástico	3.4
	4	Colar autocolante na parte lateral da peça	5.9
	5	Colocar peça nos roletes	1.6
	TOTAL		28.4
POSTO 8 – EMBALAGEM	1	Colocar produto na bancada	1.5
	2	Encaixar fundo do produto	8
	3	Pegar na embalagem	1.7
	4	Colocar produto dentro da embalagem	2.8
	5	Fechar embalagem	6.9
	6	Colocar embalagem na paleta	2.9
	TOTAL		23.8

No posto 4 (furação) é referido um molde, no qual a peça é colocada para fazer os furos. Este molde faz parte da implementação da ferramenta *poka-yoke*, e será utilizado apenas a partir da 2ª iteração. Na 1ª fase, a marcação dos furos é efetuada manualmente, sem a presença do molde. Contudo, na 2ª iteração será feito o balanceamento dos postos de trabalho e era necessário obter os tempos das tarefas já com o molde, caso contrário, esse balanceamento estaria errado.

Tomando como exemplo o caso das caixas de arrumação, na 1ª iteração os tempos de marcação dos furos seriam de cerca de 26,5 segundos para cada lateral da parte B da peça e 13,1 segundos para cada canto da parte C. Ou seja, o tempo total sem molde seria de 346,3 segundos, e não de 81,9 segundos como está na tabela.

4.5.1 PRIMEIRA FASE DA SIMULAÇÃO (1ª ITERAÇÃO)

Layout

A configuração do *layout* fabril pode trazer consequências nefastas em termos de desperdícios se o seu planeamento não for feito com a devida atenção, levando ao aumento de custos (transportes de materiais, movimentação de pessoas) e a uma fraca utilização do espaço fabril. Também esta problemática é abordada nesta simulação. Como tal, na 1ª iteração, o *layout* apresenta várias deficiências, com os postos de trabalho numa disposição pouco favorável ao bom desempenho da linha produtiva, como se pode verificar na figura 20.

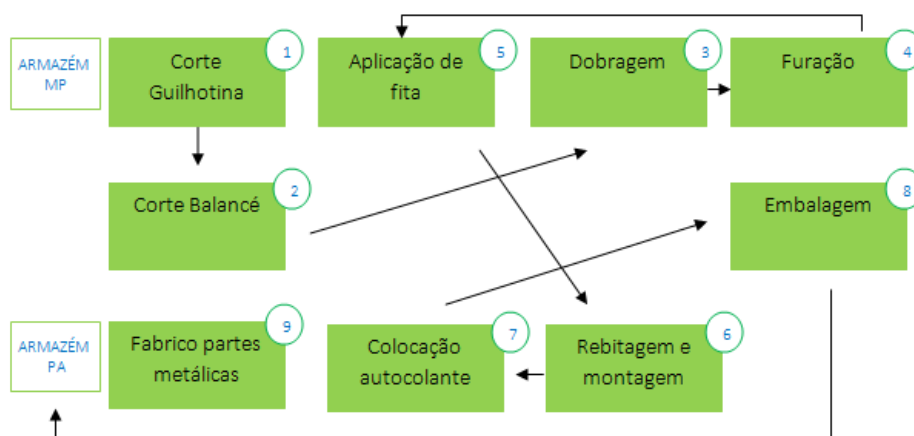


Figura 20 - Layout para a 1ª iteração da simulação industrial

Nesta altura, deve então dar-se início à 1ª iteração. O tempo de produção definido será de 48 minutos. A simulação demorará um pouco mais, uma vez que são

necessárias algumas alterações para passar da produção de caixas para porta-revistas. Esse tempo não é contabilizado como tempo da iteração, mas sim como tempo de *setup*.

O processo de produção é iniciado com indicações para que cada posto esteja a produzir o mais rápido possível. Nesta iteração trabalha-se com um tamanho de lote de 15 unidades, e no posto 4 (furação) os furos serão marcados manualmente.

Nesta fase, é esperado que haja uma rápida acumulação de WIP entre postos de trabalho, surgimento de “gargalos”, desorganização, ocorrência de defeitos e baixo nível de produção.

Em todas as iterações devem ser registados o número de produtos acabados, o número de peças com defeito, o *lead-time* e o *stock* intermédio existente ao longo da linha de produção. Estes registos irão ajudar a retirar importantes conclusões no final de cada iteração e também no final de toda a simulação, dando uma boa base para comparar as diferenças que ocorreram.

Mapeamento do fluxo de valor

Decorrida a 1ª iteração, é importante efetuar o mapeamento do fluxo de valor de forma a expor os principais desperdícios e problemas existentes ao longo de todo o processo. Para a execução do VSM, alguns dos participantes devem acompanhar o percurso dos materiais ao longo do processo produtivo (de jusante para montante). Devem também fazer o levantamento de dados para o VSM, fazendo uso da folha presente no Anexo L para esse efeito.

O objetivo final será desenhar o mapeamento do fluxo de valor num quadro branco, com recurso a *post-its*, de modo a ficar visível para todos os participantes. Pretende-se com isto que todos os presentes percebam o que pode ser melhorado nas próximas iterações e, mais do que isso, fomentar a discussão de ideias para esse efeito.

Conclusões

Nesta fase, pretende-se chamar a atenção para os desperdícios que podem existir numa indústria. Os participantes da simulação devem ser questionados sobre quais os problemas encontrados e como proceder para os eliminar.

4.5.2 SEGUNDA FASE DA SIMULAÇÃO (2ª ITERAÇÃO)

Completada a 1ª fase, e após o desenho do mapeamento do fluxo de valor, são analisadas oportunidades de melhoria. A 2ª iteração começa a introduzir alguns dos conceitos associados ao *Lean Manufacturing*.

Balanceamento (caixas de arrumação)

Como se pode verificar na Tabela 4, os tempos de processamento diferem substancialmente entre alguns postos de trabalho. Este aspeto provoca desperdícios (esperas, *stocks*, ...) que podem ser eliminados, ou pelo menos amenizados, com a uniformização dos tempos de processamento dos postos.

Pressupostos:

- Admitir uma procura do cliente de 24 caixas.
- Admitir que nos 48 minutos da iteração, temos 32 minutos disponíveis para produzir caixas de arrumação e 16 minutos para produzir porta-revistas.

$$takt\ time = \frac{32 \times 60}{24} = 80\ seg$$

Como se pode verificar no gráfico da figura 21, a linha de produção encontra-se desbalanceada, havendo um desfasamento na carga de trabalho atribuída a cada posto. O posto 6 apresenta um tempo de processamento acima do *takt time*, provocando atrasos na entrega do produto ao cliente (que pode ser o processo seguinte). Existem também vários postos com uma taxa de ocupação baixa, o que significa que vão haver desperdícios na forma de esperas.

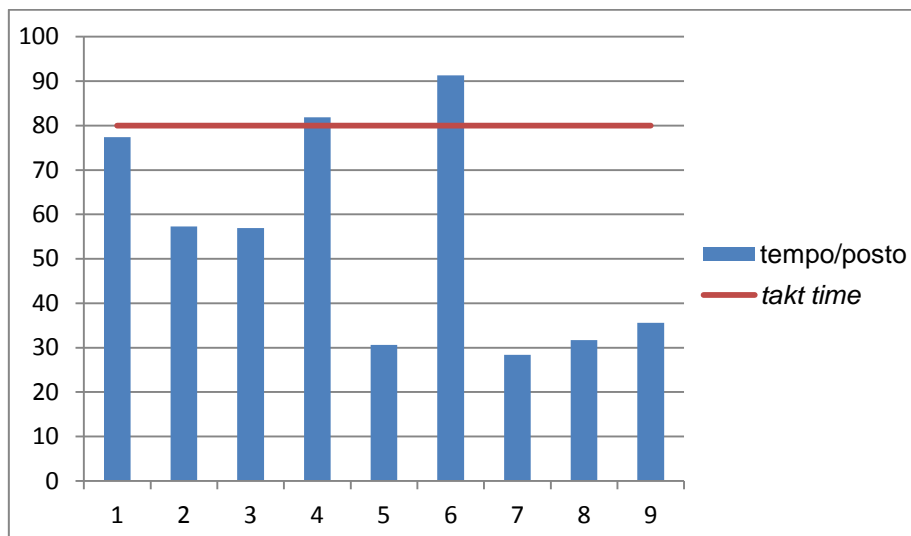


Figura 21 - Gráfico da linha de produção de caixas de arrumação não-balanceada

Para a 2ª iteração, os formandos devem efetuar o balanceamento da linha de produção. A seguir apresenta-se uma sugestão, mas caso seja obtido um balanceamento melhor, esse deverá ser usado.

Sugestão de balanceamento:

No posto 4 (furação), atribuir um operário para fazer furos das partes A e B da peça. A furação da parte C passará para o posto 5, onde se manterá a aplicação da fita metálica.

No posto 6 (rebitagem e montagem), um operário fará a rebitagem da parte C (tampa) da caixa. O fabrico das partes metálicas e o encaixe das partes metálicas nas asas decorrerá no que será o posto 7.

Juntar as tarefas do posto 7 e 8 num posto apenas, que será o posto 8.

Como se pode ver pelo gráfico na figura 22, após estas alterações, regista-se uma atribuição de tempos mais uniforme, tendo sido ainda eliminado um posto de trabalho. Também se verifica que a sugestão de balanceamento apresentada não é a solução ótima, continuando a existir desperdícios. No entanto, o *Lean* tem a ver com a melhoria contínua, e é nesse sentido que este balanceamento pode e deve ser melhorado futuramente.

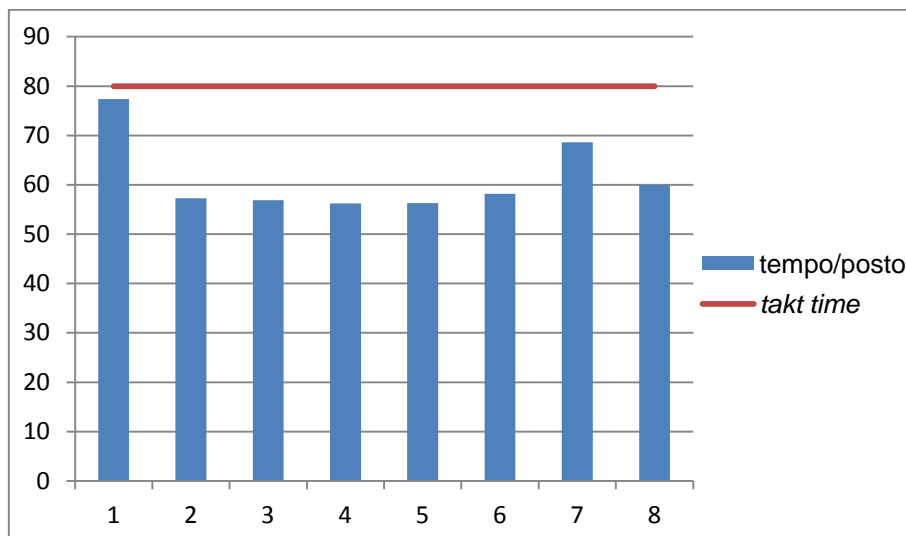


Figura 22 - Gráfico da linha de produção de caixas de arrumação balanceada

Balanceamento (porta-revistas)

De forma análoga ao que é feito para a produção das caixas de arrumação, também se efetua o balanceamento para os tempos associados aos porta-revistas. Pela figura 23, é possível ver que existem muitos desperdícios que devem ser diminuídos, ou se possível, eliminados.

Pressupostos:

- Admitir uma procura do cliente de 18 porta-revistas.
- Admitir que temos 16 minutos para produzir porta-revistas.

$$takt\ time = \frac{16 \times 60}{18} = 53\ seg$$

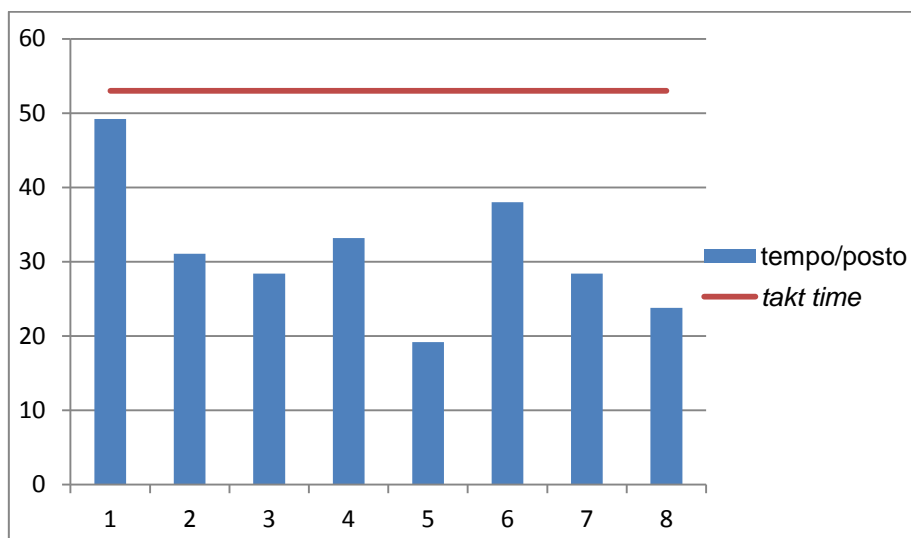


Figura 23 - Gráfico da linha desbalanceada (porta-revistas)

Sugestão de balanceamento:

Juntar posto 3 (quinagem) com posto 5 (aplicação de fita), atribuindo a apenas um trabalhador essas tarefas (corresponde ao novo posto 3).

Juntar as tarefas dos postos 7 (colocação de autocolante) e 8 (embalagem) num só, o novo posto 6.

Efetuada o balanceamento, verifica-se através da figura 24 que, embora mais uma vez não estejamos perante a solução ótima, se obtêm melhorias significativas, nomeadamente com a aproximação do tempo de processamento dos vários postos de trabalho e ainda com a eliminação de dois postos.

A implementação desta ferramenta irá ajudar a obter uma produção mais fluida, com os trabalhadores a terem uma carga de trabalho semelhante, reduzindo os desperdícios com pessoas paradas. Contudo, os valores usados foram obtidos através de ações simuladas (como referido anteriormente), pelo que devem ser revistos quando a simulação for posta em prática no laboratório industrial.

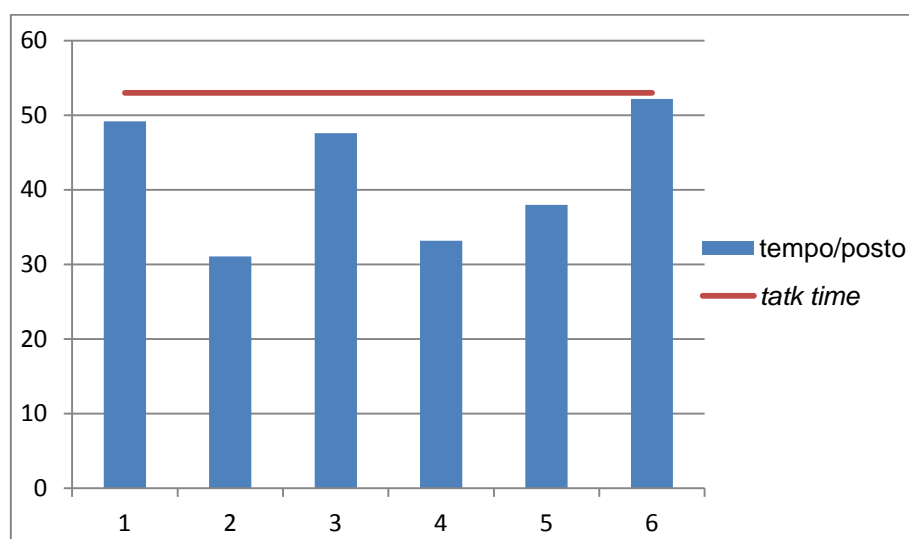


Figura 24 - Gráfico da linha balanceada (porta-revistas)

Layout (após balanceamento)

Com base no balanceamento obtido, procede-se à mudança do *layout* fabril. Para que estas mudanças sejam facilmente realizadas, definiu-se que as mesas de trabalho e os balancés terão rodas para facilitar o transporte. Para amenizar os tempos de transporte de materiais e de movimentação e para otimizar o espaço fabril, foi idealizado um *layout* em “U” (Figuras 25 e 26).

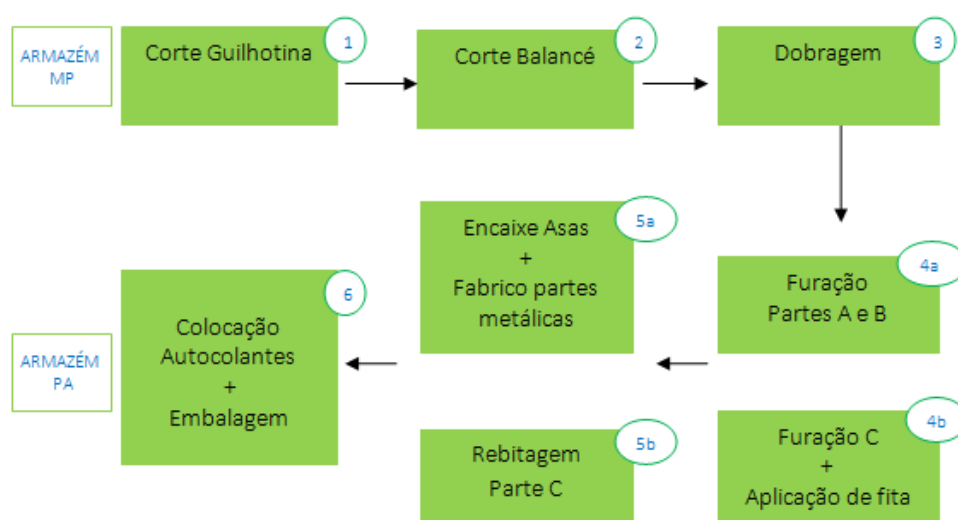


Figura 25 - Layout para produção de caixas de arrumação após balanceamento.

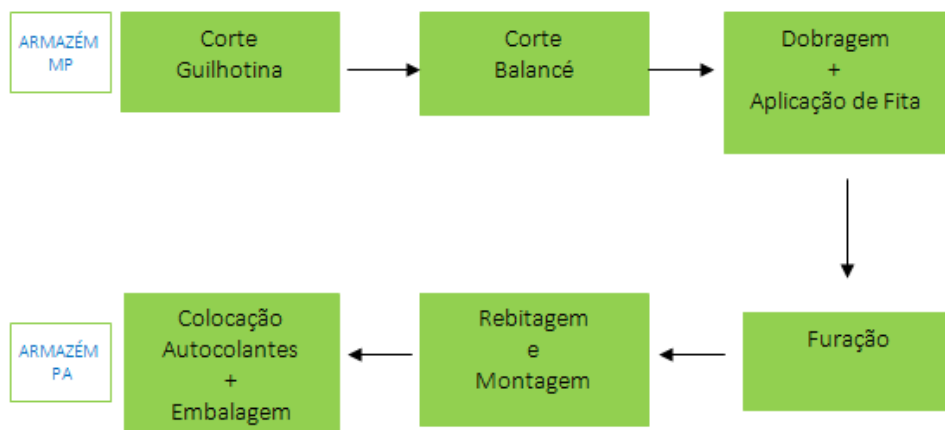


Figura 26 - Layout para produção de porta-revistas após balanceamento.

Trabalho Normalizado

Devem-se colocar as folhas de trabalho padronizado em cada posto de trabalho, nos suportes para esse efeito (semelhantes ao da Figura 27).

Essas folhas de *standard work* devem ter todas as tarefas que são realizadas naquele posto, com algumas imagens para ajudar a percepção.



Figura 27 - Suporte para FTN

Gestão Visual

Colocar um quadro de controlo de produção no fim da linha. No quadro deverá constar: produção esperada; produção real; diferença; comentários ou justificação para diferenças encontradas.

Tamanho do lote

Reduzir o tamanho do lote de trabalho, nesta 2ª iteração, para 5 unidades. Espera-se que a redução do tamanho do lote diminua o *stock* entre postos de trabalho e permita a detecção de defeitos mais cedo.

5S's

Perante a desorganização inicial, separar o necessário do desnecessário para cada posto de trabalho e fazer a respetiva identificação dos itens. Colocar as ferramentas mais utilizadas ao alcance do operador. O objetivo é melhorar o ambiente de trabalho, eliminando, por exemplo, tempos gastos à procura de ferramentas.

Mecanismos anti-erro

A operação de marcação dos furos será importante para perceber o funcionamento e vantagens de um sistema *poka-yoke*. Na 1ª iteração, a marcação dos furos no posto 4 é efetuada manualmente. Esta é uma tarefa que irá atrasar todo o processo, criando um “gargalo”. Na 2ª iteração, é introduzido um molde no processo de furação das peças, para evitar o desperdício de tempo aquando da marcação manual dos furos. O uso deste mecanismo resolverá os problemas associados a esperas e o elevado *stock* à volta deste processo, que deverão suceder na 1ª iteração.

Transporte de materiais

Deve ser definido um operador que fará o papel de abastecedor, ficando incumbido do abastecimento de matérias-primas aos postos de trabalho.

Para facilitar o transporte de materiais de um posto para o seguinte, o *layout* definido sugere que os postos de trabalho estejam o mais próximo possível. Adicionalmente, devem ser utilizados os roletes ou calhas (idealmente serão colocados entre os postos de trabalho transportes de roletes para movimentação do produto em fabricação) para passar as peças de um posto para outro.

Setup “caixas de arrumação para porta-revistas”

Definir equipas para efetuar as mudanças necessárias para passar a produção de caixas de arrumação para porta-revistas pode poupar imenso tempo e facilitar esta

tarefa. Assim, ao reduzir este tempo de *setup* está a ser aplicado, desde logo, o conceito SMED.

Sugestão:

- Mudança de molde no posto de furação: 1 operador já afeto a esse posto.
- Mudança do abastecimento de matérias-primas, ou seja, colocar perto dos postos de trabalho as matérias-primas necessárias à produção dos porta-revistas: 3 operadores dos postos aplicação de fita, quinadora e balancé de fabrico de partes metálicas.
- Mudança de molde no balancé de corte: 2 operadores dos postos corte com guilhotina e corte com balancé.
- Mudança de *layout*: 3 operadores dos postos embalagem, colagem do autocolante e rebitagem e montagem.

Após serem efetuadas todas as alterações necessárias, dá-se início à 2ª iteração. De forma análoga à 1ª iteração, esta terá 48 minutos de tempo produtivo.

Conclusões

Pretende-se desde logo retirar algumas conclusões acerca das diferenças entre a 1ª e a 2ª iterações. Com base nos registos obtidos e nas observações dos participantes, estes deverão ser capazes de perceber o que melhorou e porquê, e ainda de identificar onde é que se pode melhorar mais.

Nesta altura, será importante chamar a atenção para o que cada ferramenta aplicada nesta fase veio melhorar (ou não, e neste caso verificar porquê). Deverão ainda ser pedidas aos formandos novas propostas de melhoria, a implementar na próxima fase.

4.5.3 TERCEIRA FASE DA SIMULAÇÃO (3ª ITERAÇÃO)

A 3ª e última iteração será a demonstração do verdadeiro ambiente industrial *Lean*. Depois das alterações introduzidas na iteração anterior, a grande diferença nesta parte será a produção segundo o sistema *Pull* (ao contrário do *Push*, utilizado até então). O “cliente” irá despoletar a produção, e esta será controlada por meio de cartões *kanban*.

Nivelamento da produção

Neste ponto, deve ser efetuado o planeamento da produção para o mix de produtos em causa. Tendo em conta que os produtos são embalados individualmente, não é necessário o cálculo do *pitch time*.

A figura 28 apresenta uma sugestão de planeamento da produção, em que os 48 minutos do tempo disponível são divididos em intervalos de 8 minutos. Cada *kanban* corresponde a um produto (sejam caixas ou porta-revistas). Os *kanbans* presentes em cada intervalo de tempo do *heijunka box* ditam o número de produtos que deve ser produzido. Por exemplo, entre os 8 e os 16 minutos devem ser produzidas seis caixas de arrumação e entre os 32 e os 40 minutos devem ser produzidos oito porta-revistas.








PRODUTOS	MINUTOS						
	0-8	8-16	16-24	24-32	TEMPO DE SETUP	32-40	40-48
Caixa de arrumação							
Porta-revistas							

Figura 28 – Planeamento da produção no *heijunka box*

Tamanho do lote

No sentido da melhoria contínua, o tamanho do lote para a 3ª iteração deve voltar a baixar, passando para uma unidade. A produção peça-a-peça (*one piece flow*) aumentará a flexibilidade da linha para alterações e diminuirá a disseminação de erros/defeitos e ainda o *stock* intermédio.

SMED

Nos postos de furação e corte com balancé existem tempos de *setup* necessários durante a simulação (trocas de moldes e ferramentas). Este aspeto poderá ser explorado de maneira a introduzir o funcionamento do SMED nos seguintes pontos:

- Trocas de molde no posto de furação. Existirão 3 tipos de molde que têm que ser modificados consoante o que se está a produzir: molde para furos das partes A e B das caixas de arrumação, molde para furos da parte C das caixas e molde para a furação das partes A e B dos porta-revistas.
- Redução do tempo de *setup* no balancé de corte, ou seja, trocar a ferramenta/molde de corte das caixas de arrumação para porta-revistas.

Kanban

Pressupõe-se a existência de um armazém na fábrica com espaço para armazenar 36 embalagens de caixas de arrumação e 26 embalagens de porta-revistas. Assim, serão necessários no total 62 *kanbans*, 36 *kanbans* de produção para caixas de arrumação (Figura 29) e 26 *kanbans* de produção para porta-revistas.


Kanban de Produção Nº 2 / 36			
Cód. Produto		Designação	
CA1		Caixa de arrumação	
Molde:	XPTO 1	Peças/paleta	20
Tipo de Embalagem		Local de Armazenagem	
EMB A		Local X	

Figura 29 - Exemplo de um *kanban* de produção

Os operários devem produzir de acordo com a informação que consta no cartão *kanban*. Se não tiverem um cartão *kanban*, não produzem nem movimentam materiais.

Circulação de *kanbans*

Quando os produtos saem do armazém, são libertados *kanbans* que serão levados para a caixa de construção de lote, onde os *kanbans* são armazenados. A caixa de construção de lote funciona com um código de cores (verde, amarelo e vermelho), que indica quando é realmente necessário produzir. Por exemplo, a cor vermelha significa que é urgente fabricar desse produto. Em seguida, será efetuado o planeamento da produção, passando os *kanbans* para o quadro *heijunka*. Os *kanbans* são depois levados para o sequenciador, situado no posto de embalagem, que despoletará a

produção. O *kanban* deve acompanhar o produto, no final do seu processamento, até ao armazém de produto acabado. Ao mesmo tempo, este *kanban* despoleta a ordem de abastecimento de material aos postos de trabalho.

Mizusumashi e Supermercado

Um colaborador irá ficar responsável por fazer o transporte e abastecimento de materiais à linha de produção. Para isso, dispõe de 2 carrinhos de transporte (Figura 30) acoplados, que farão o papel de *mizusumashi*.



Figura 30 - Carrinho de transporte que pode ser adaptado como *mizusumashi*.

Nos carrinhos, serão transportadas as peças de cartão, os rebites, as embalagens, a fita metálica e as chapas metálicas para fabricar as asas e cantos das caixas de arrumação. Este material estará disponível no supermercado de MP. Para além disso, o *mizusumashi* transporta ainda o produto acabado para o respetivo armazém e os *kanbans* através do circuito *pull*, ilustrado na figura 31.

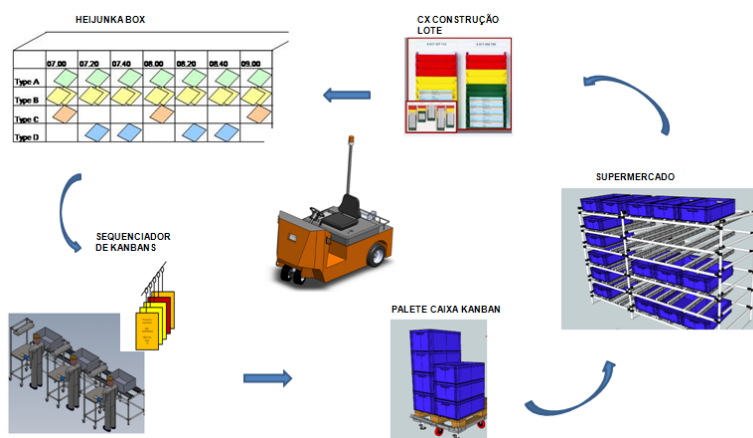


Figura 31 - Circuito *Pull*

O *mizusumashi* é manuseado pelo operador livre durante a produção de caixas de arrumação (com o balanceamento, 1 operador ficou livre). Durante a produção de porta-revistas um dos operadores livres (com o balanceamento, 2 operadores ficam livres de tarefas) fica incumbido desta função.

Início da 3ª iteração

Após estarem concluídas as alterações atrás indicadas, dá-se início à última iteração da simulação, sendo expectável que esta apresente melhorias significativas e que demonstre inequivocamente os benefícios da filosofia *Lean Thinking*. Esta iteração contará, tal como as anteriores, com 48 minutos de tempo de produção.

Conclusões

Com a simulação concluída, será importante analisar o que aconteceu nas três iterações. Espera-se que os participantes possam retirar algumas conclusões relativas a pontos importantes, como:

- Diferenças entre funcionamento *Pull* e *Push*.
- Impacto do balanceamento e *layout* na produção final.
- Aplicação das ferramentas *Lean*.
- Diagnóstico, análise e propostas de eliminação de desperdícios.
- Organização, fluidez da produção e número de defeitos antes e depois do *Lean*.

5. CONCLUSÃO

5.1 REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO

Este projeto, desenvolvido na VLM Consultores, pretende contribuir para a evolução das simulações didáticas usadas em formação no âmbito da filosofia *Lean Thinking*. Neste trabalho, são apresentados jogos de simulação que abordam várias ferramentas *Lean*, havendo ainda outras que podem ser adicionadas, em função da experiência dos formadores e do feedback dos formandos. Apesar do foco da VLM Consultores ser o uso destas simulações em formações intra-empresas, elas também podem ser usadas em aulas, nomeadamente para alunos universitários.

No que se refere à simulação em sala, o trabalho realizado procurou eliminar algumas lacunas dos elementos que vinham sendo utilizados. A atividade de montagem de legos transmite de uma forma muito simples quais as vantagens que podem advir das ferramentas 5S, gestão visual e trabalho padronizado. Esta simulação foi testada na VLM e também já vem sendo utilizada em atividades de formação com sucesso. A linha de refrigerantes também foi testada recorrendo a colaboradores da VLM, de maneira a verificar se a simulação atingia os objetivos pretendidos e também para ajustar alguns pormenores. A linha de refrigerantes foi apresentada no ENEGI 2013 a alunos de EGI de vários pontos do país e teve reações muito positivas. Apesar de ser uma simulação desenvolvida para *workshops* e atividades de formação em que o tempo disponível é relativamente curto (no ENEGI a simulação demorou cerca de 1h45m), os objetivos pretendidos foram alcançados. Os alunos presentes perceberam claramente quais os desperdícios existentes na primeira fase do jogo e, após as modificações introduzidas e ter decorrido a segunda iteração, conseguiram retirar conclusões relevantes acerca das vantagens associadas à filosofia *Lean Thinking*.

Os processos definidos para a simulação em ambiente industrial tiveram objetivos pedagógicos, não sendo intenção apresentar a maneira mais “rápida e fácil” de fazer caixas de arrumação e porta-revistas. O importante é que a simulação apresente processos semelhantes aos que possam existir em algumas empresas, de forma a obter um feedback positivo dos participantes.

Como se pode verificar pelos gráficos das figuras 22 e 24, após o balanceamento da linha de produção, continuam a existir alguns desperdícios (os tempos de ciclo de alguns postos estão um pouco abaixo da linha do *takt time*). Isto acontece pelas

dificuldades em balancear os três primeiros postos, referentes à maquinaria (guilhotina, balancé de corte, quinadora). Por exemplo, se por um lado a compra de uma segunda guilhotina poderia melhorar o balanceamento, em termos práticos, o investimento necessário para pôr de pé a simulação seria ainda maior, o que não é razoável. O importante é realçar a melhoria nos resultados, que são visíveis através da comparação dos gráficos da linha não-balanceada e balanceada.

É expectável que a simulação em ambiente industrial, que promove uma formação num contexto mais próximo da realidade do que os jogos usados em sala, obtenha resultados mais favoráveis na disseminação de conhecimentos. No entanto, devido ao facto de ainda não haver infraestruturas para esse projeto, e como consequência não ter sido devidamente testado, não foi possível corroborar essas expectativas.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Apesar de toda a pesquisa levada a cabo aquando da realização deste projeto, assim como o planeamento cuidado das simulações apresentadas, existem ainda alguns desenvolvimentos futuros para realizar.

Devido a questões de confidencialidade relativamente à VLM Consultores, alguns aspetos relacionados com a simulação em ambiente industrial não puderam ser apresentados. No entanto, o que foi descrito já contém alguma informação sobre o que pode vir a ser o futuro da formação na área do *Lean*.

A simulação em ambiente industrial é a parte do projeto na qual existe mais trabalho futuro, dado que alguns elementos não foram possíveis verificar/testar ou planear devido à inexistência de instalações. Assim, assumindo a continuidade do projeto, será importante testar os tempos apresentados para cada tarefa, de modo a verificar se os valores estão próximos da realidade. Também as instruções de trabalho com as respetivas fotos podem ser formalizadas, assim que haja definição final dos processos e se obtenham fotos dos produtos ao longo das várias tarefas pelas quais vão passando. Outro elemento a desenvolver será o SMED referido na 3ª iteração, para o molde de furação e para o molde do balancé de corte. Assim, deverão ser definidas as instruções de procedimento para a redução do *setup*, como por exemplo, operações paralelas, transformação de *setup* interno em *setup* externo e melhoria dos processos

de aperto (reduzir número de parafusos, standardizar cabeças, cortar roscas desnecessárias).

Após a finalização de todos estes elementos, aquando da realização das primeiras simulações, é importante pedir feedback aos participantes. Isto pode ajudar a melhorar a simulação, assim como a resolução de problemas que possam surgir.

Quanto à simulação em sala, os elementos desenvolvidos já foram devidamente testados e estão em condições de serem utilizados nas formações prestadas pela VLM Consultores. No entanto, isso não invalida que devam ser continuamente melhorados, fruto da experiência obtida com as formações. O mundo empresarial está em constante mudança, a própria filosofia *Lean* continua a ser desenvolvida e aprimorada, e os elementos usados nas formações devem acompanhar essa evolução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banks, J., & Carson, J. (1984). Discrete-event System Simulation. Prentice Hall.
- Bicheno, J. (2010). The Lean Games Book. Picsie Books.
- Browne, J., Harhen, J., & Shivnan, J. (1996). Production Management Systems: an integrated perspective. Prentice Hall.
- Candido, J. P., Murman, E., & McManus, H. (2007). Active Learning Strategies for Teaching Lean Thinking. Proceedings of the 3rd International CDIO Conference, MIT. Cambridge, Massachusetts.
- Equipamento de Transporte. (20 de Setembro de 2013). Fonte: Isopapel: <http://www.isopapel.pt/index.php?cPath=65&osCsid=qih6i1979ft5kbn9jhjlmleh80>
- Ertunga Ozelkan & Agnes Galambosi (2009): Lampshade Game for lean manufacturing, Production Planning & Control: The Management of Operations, 20:5, 385-402
- Liker, J. (2003). The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). The Toyota Way Fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4P's. McGraw-Hill.
- M&DC- Value Stream Mapping VSM. (18 de Setembro de 2013). Fonte: Management & Development Center: <http://www.mdcegypt.com/pages/management%20approaches/Lean%20enterprise/VSM/VSM.asp>
- McManus, H., Rebentisch, E., Murman, E., & Stanke, A. (2007). Teaching Lean Thinking Principles Through Hands-On Simulation. Proceedings of the 3rd International CDIO Conference, MIT. Cambridge, Massachusetts.
- Meyers, F., & Stewart, J. R. (2001). Motion and Time Study for Lean Manufacturing. Prentice Hall.
- Neumann, C. S., & Ribeiro, J. L. (2004). Desenvolvimento de Fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. Revista Produção, 44-53.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: beyond large-scale production. Productivity Press.

Ozelkan, E., Teng, S., Johnson, T., Benson, T., & Nestvogel, D. (2007). A Collaborative Study for Teaching "Achieving Lean System Benefits in Manufacturing and Supply Chains" to Engineering Management Students. American Society for Engineering Education.

Pinto, J. P. (2009). Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras. Lidel.

Rother, M., & Harris, R. (2001). Creating Continuous Flow: an action guide for managers, engineers & production associates. Lean Enterprise Institute.

Rother, M. & Shook, J. (1999). Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute.

Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). A Study of the Toyota Production System: from an industrial engineering viewpoint. Productivity Press.

Suzaki, K. (2010). Gestão de Operações Lean: metodologias kaizen para a melhoria contínua. LeanOp.

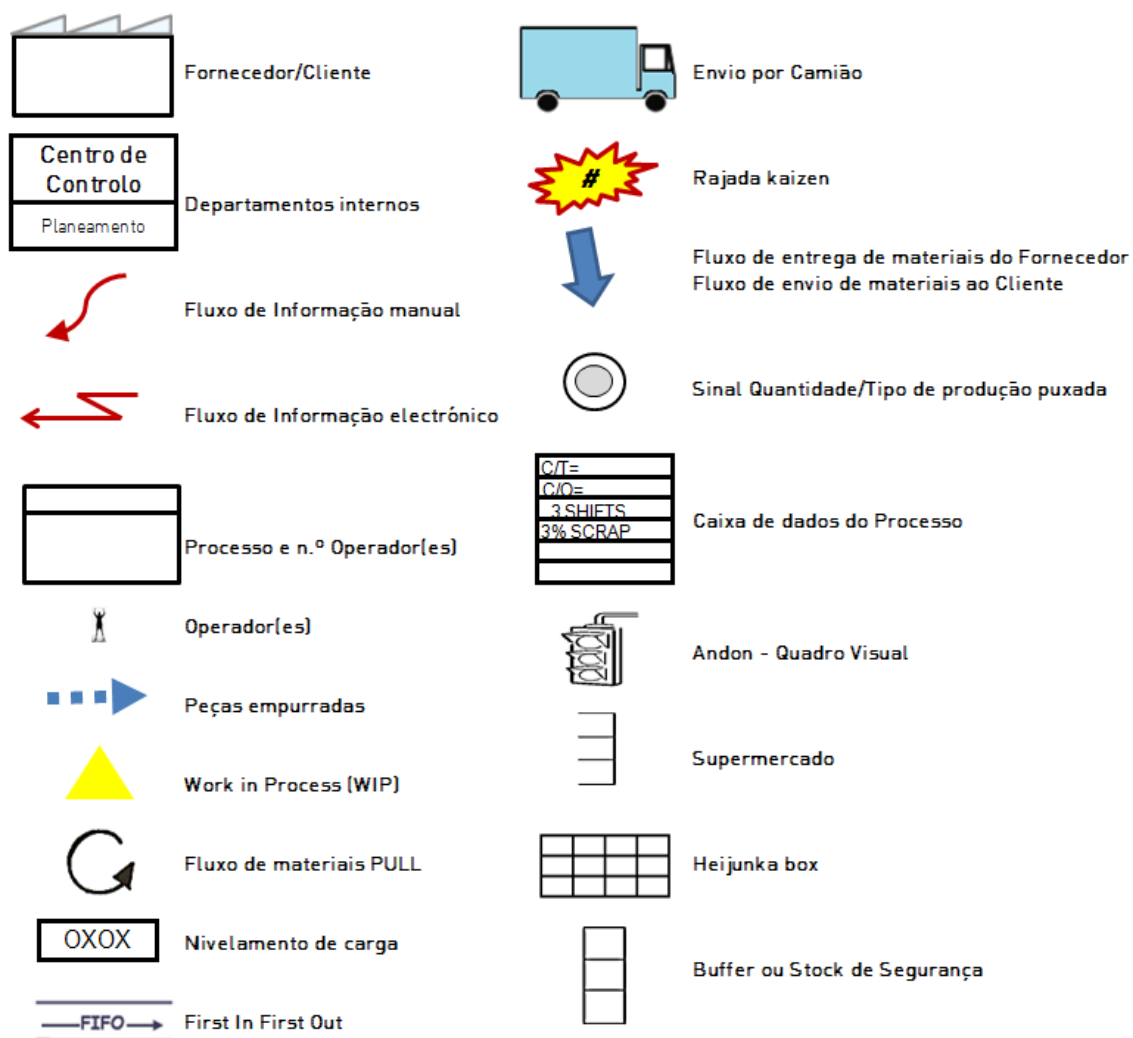
Wan, H.-d., Liao, Y.-C., & Kuriger, G. (2012). Redesigning a Lean simulation game for more flexibility and higher efficiency. American Society for Engineering Education.

Womack, J. P. (1990). The machine that changed the world. Scribner.

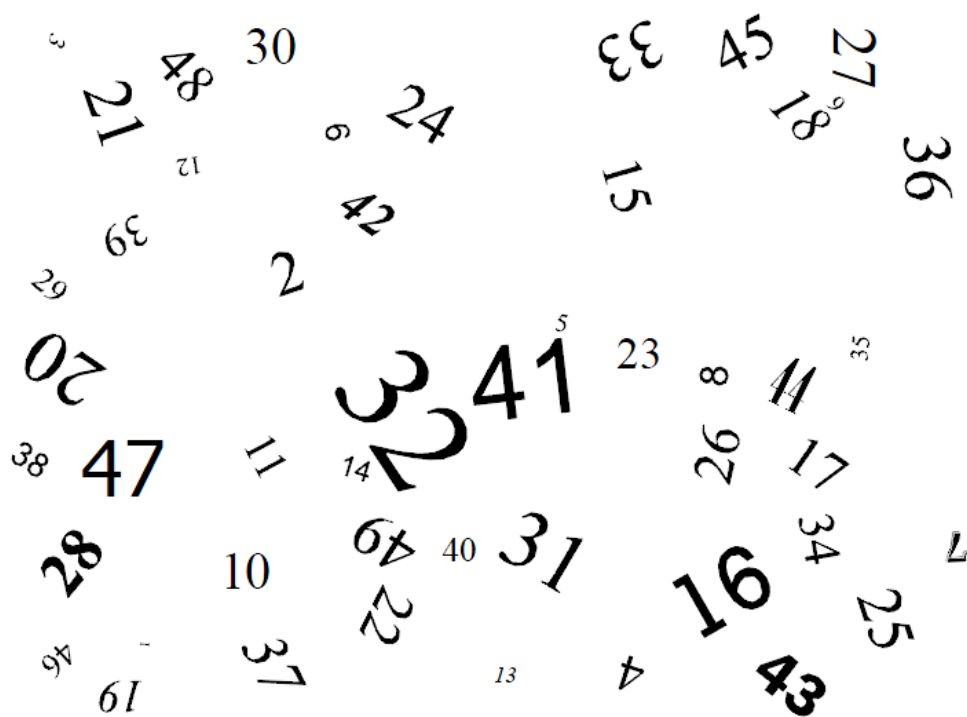
Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Productivity Press.

ANEXOS

ANEXO A – Simbologia padrão para o VSM



ANEXO C – Folha para a 2ª iteração do jogo dos números




ANEXO D – Folha para a 3ª iteração do jogo dos números

<p>30 48 3 21 12 39</p>	<p>24 6 42 33 15</p>	<p>27 45 18 36</p>
<p>2 20 38 47 11</p>	<p>3 41 23 14 2</p>	<p>8 4 35 26 17</p>
<p>28 10 37 19 46</p>	<p>40 31 6 22 13 4</p>	<p>7 34 16 25 43</p>


ANEXO E – Folha para a 4ª iteração do jogo dos números


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	


ANEXO F – Lista de pedidos do cliente (Jogo dos refrigerantes)


 VLM consultores	LISTA DE PEDIDOS DE CLIENTE			Empresa :	
				Data :	
ID ENCOMENDA	PRODUTO			Qtd	Expedição
	Sumol	Ice Tea	Coca - Cola		
1	x			3	
2		x		2	
3	x			1	
4			x	4	
5			x	3	
6	x			3	
7		x		2	
8		x		3	
9			x	2	
10	x			4	
11		x		2	
12		x		3	
13			x	2	
14	x			3	
15			x	3	
16		x		1	
17			x	2	
18		x		2	
19			x	1	
20			x	1	

ANEXO G – Ordens de fabrico (Jogo dos refrigerantes)




 OPERAÇÕES	ORDEM DE FABRICO 1	
	Posto 1	
OF N°		DATA ENCOMENDA :
PRODUTO :	Sumol	QT : 3
PRODUTO :	Ice Tea	QT : 5
PRODUTO :	Coca Cola	QT : 6
Cliente : <input type="text"/>		





 OPERAÇÕES	ORDEM DE FABRICO 2	
	Posto 1	
OF N°		DATA ENCOMENDA :
PRODUTO :	Sumol	QT : 5
PRODUTO :	Ice Tea	QT : 4
PRODUTO :	Coca Cola	QT : 3
Cliente : <input type="text"/>		



 OPERAÇÕES	ORDEM DE FABRICO 3	
	Posto 1	
OF N°		DATA ENCOMENDA :
PRODUTO :	Sumol	QT : 3
PRODUTO :	Ice Tea	QT : 2
PRODUTO :	Coca Cola	QT : 5
Cliente : <input type="text"/>		

 OPERAÇÕES	ORDEM DE FABRICO 4	
	Posto 1	
OF N°		DATA ENCOMENDA :
PRODUTO :	Sumol	QT : 4
PRODUTO :	Ice Tea	QT : 4
PRODUTO :	Coca Cola	QT : 4
Cliente : <input type="text"/>		

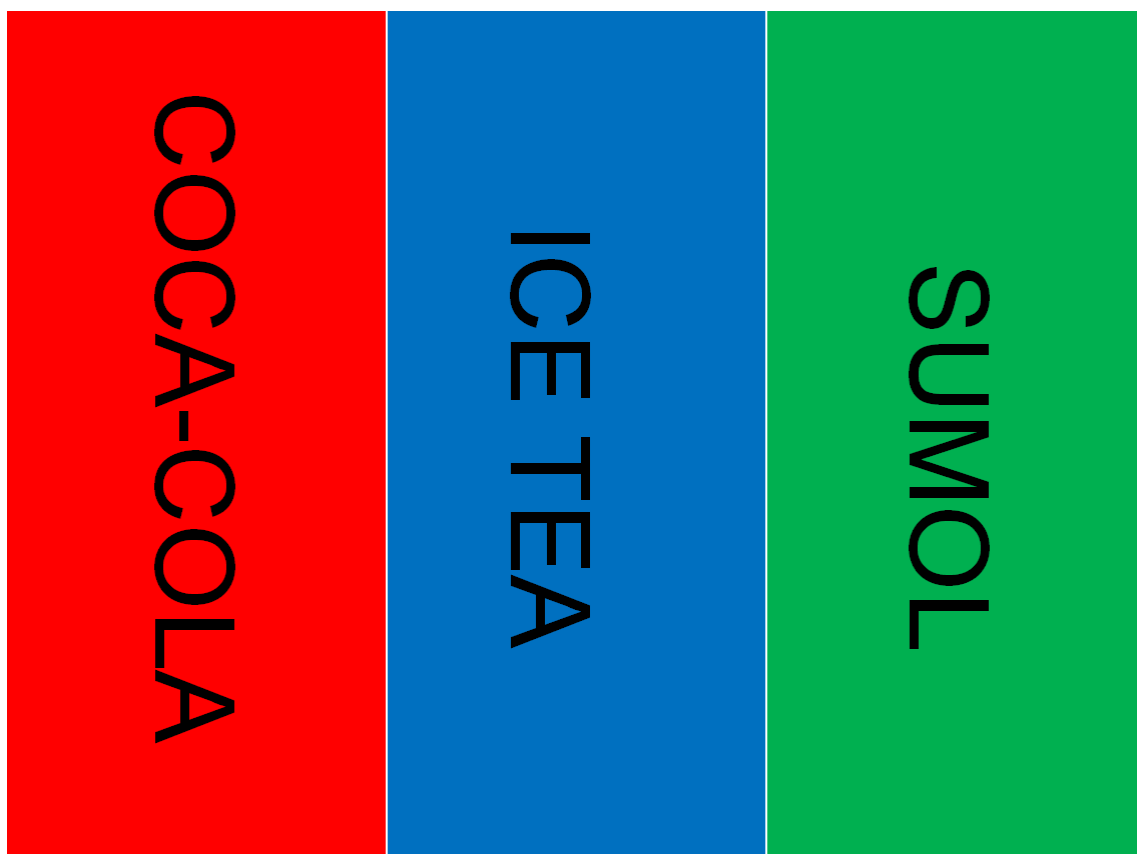
ANEXO H – Instruções de trabalho 2ª iteração (Jogo dos refrigerantes)

		Instrução de Trabalho	Posto 1
Modelo _____		REF.: _____	Pag 1
OP.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO		
1	Colocar folheto e duas pedras de gelo no copo		
			
2	Colocar bebida no copo		
			
NOTAS :			

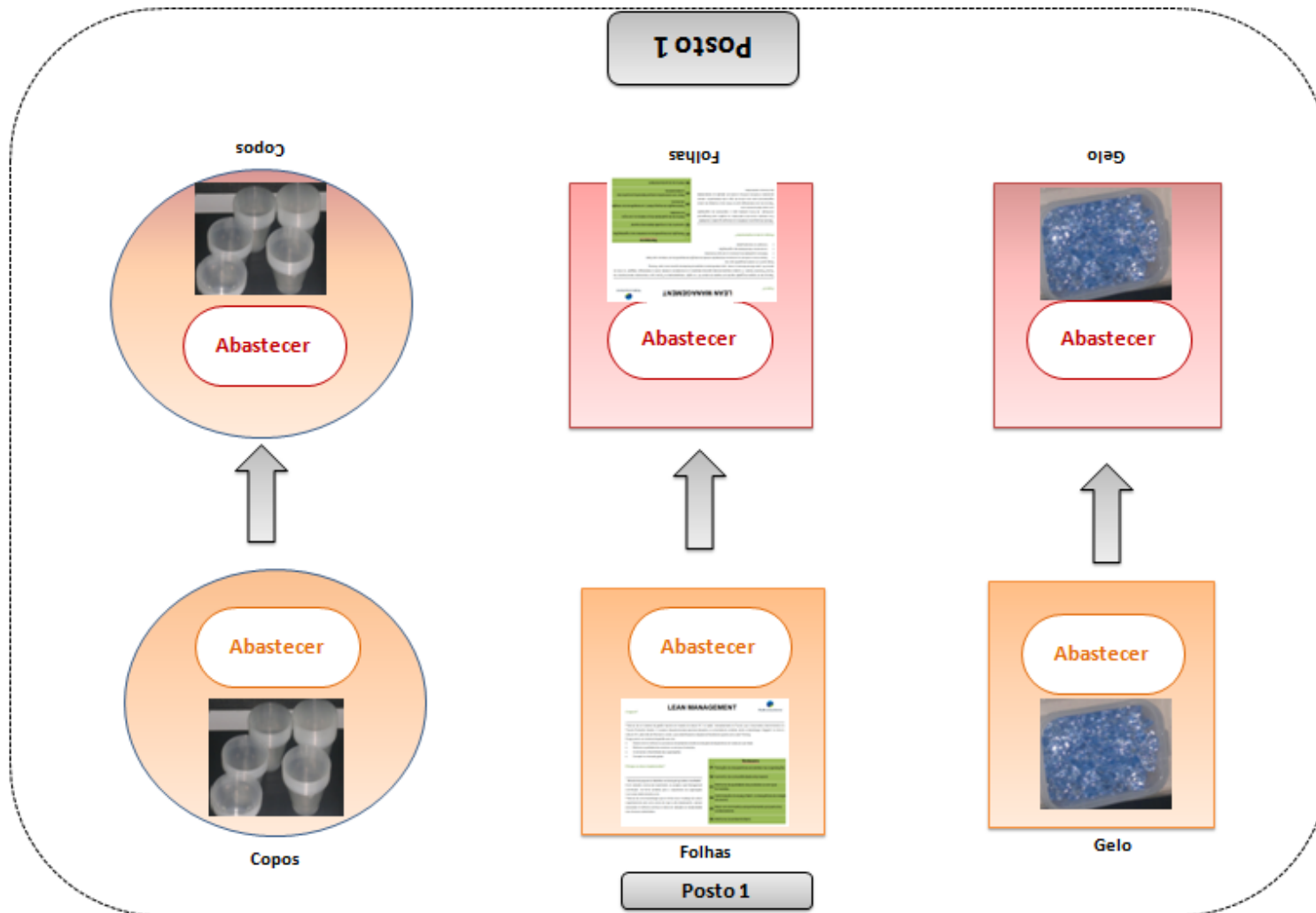
 VLM consultores		Instrução de Trabalho	Posto 2
		Modelo _____	REF.: _____ Pág 1
OP.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO		
1	Colocar rótulo no copo		
			
2	Colocar tampa no copo		
			
3	Retirar plástico da palhinha e colocar palhinha no copo		
			
NOTAS :			

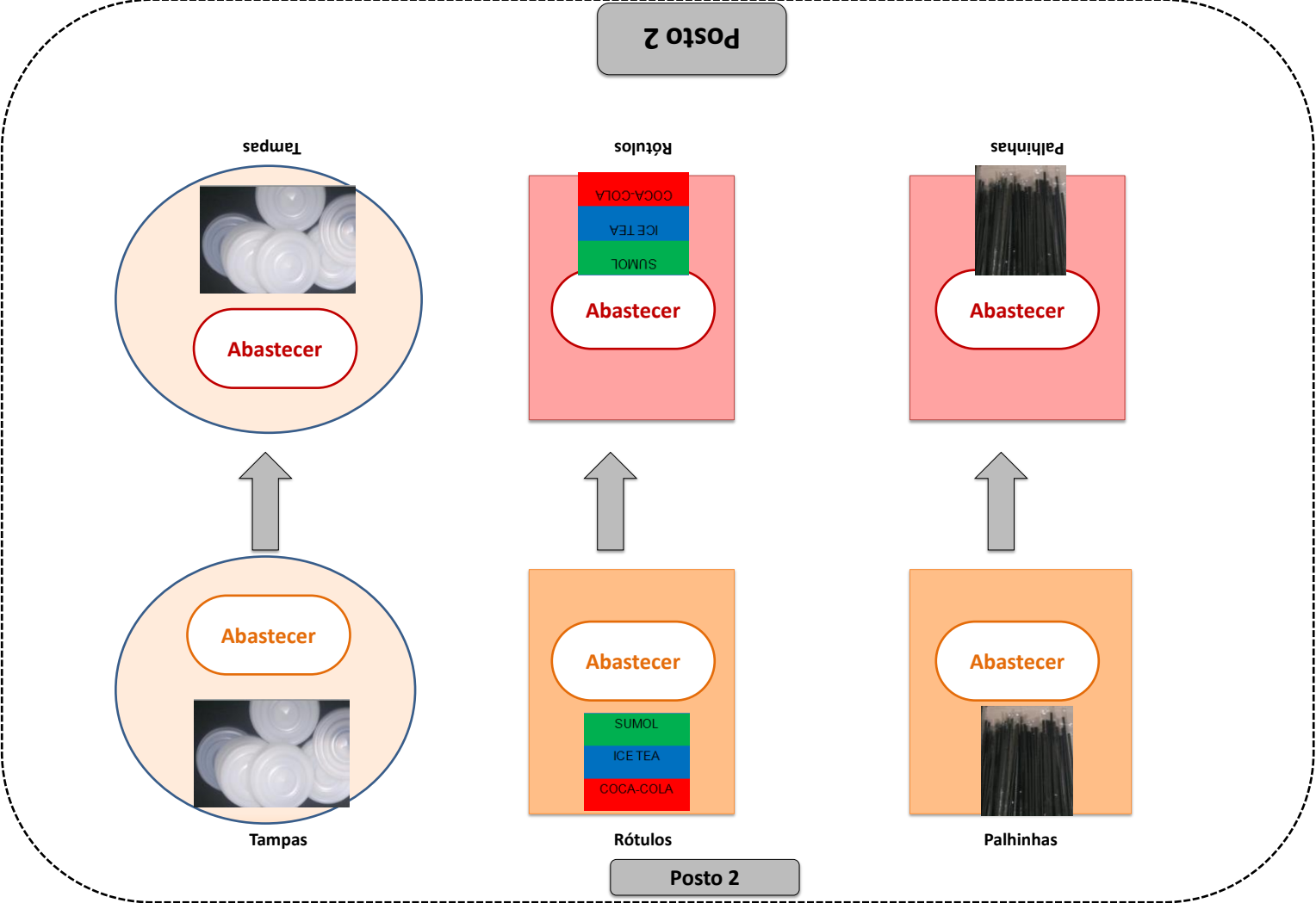
 VLM consultores		Instrução de Trabalho	Posto 3
		Modelo _____	REF.: _____ Pág 1
OP.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO		
1	Cortar enfeite e encaixar na palha de acordo com o tipo de bebida		
			
2	Controlo de qualidade <ul style="list-style-type: none"> - Verificar se a tampa está bem encaixada - Verificar se o copo está identificado de acordo com a bebida (rótulo e enfeite) - Agitar o copo para verificar se possui gelo 		
NOTAS :			

ANEXO I – Informação visual para *stock* intermédio (Jogo dos refrigerantes)

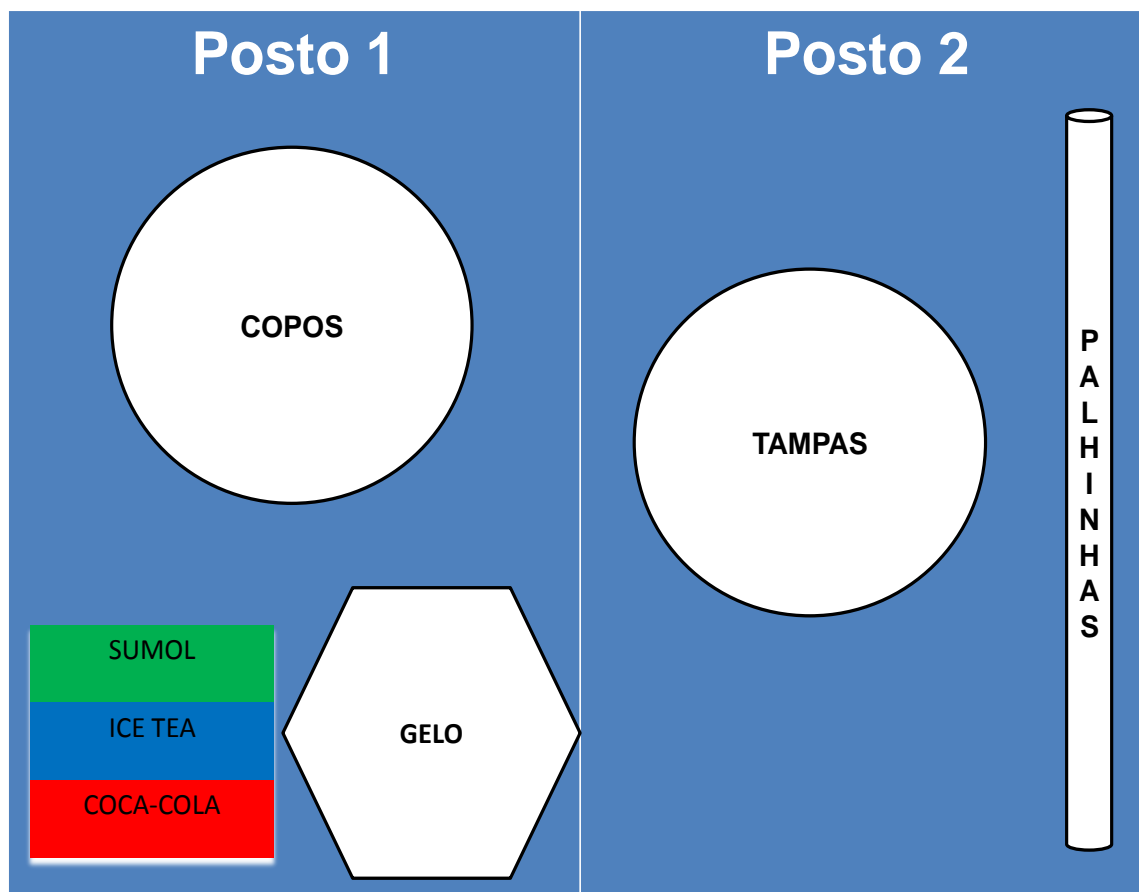


ANEXO J – Folhas de abastecimento para o posto 1 e 2 (Jogo dos refrigerantes)





ANEXO K – Tabuleiro para o mizusumashi (jogo dos refrigerantes)



ANEXO L – Folha de levantamento de dados para o VSM



LEVANTAMENTO DE DADOS VSM

DATA:

EMPRESA:

Processo:	
Produto em Análise:	
Equipamento:	
Info. p/ Produzir	

C/T(s):					Média
VCT(s):					
CO:					
AWT (seg):					
Scrap (%):					
Up - Time(%):					
Nº de Operadores:					
Nº Turnos:					
WIP <u>Pré</u> -Processo:					
WIP <u>Pós</u> -Processo:					
Distância (m):					
Capacidade:					